

Výzkumný ústav vlnářský v Brně

ZMĚNY STRUKTURY A VLASTNOSTÍ POLYESTEROVÝCH VLÁKEN

PŘI JEJICH ZPRACOVÁNÍ VE VLNAŘSKÉM PRŮMYSLU

Kandidátská disertační práce

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146088274

Práci předkládá: RNDr. Ivana Komendová
Školitel: Ing. Oldřich Pajgrt, CSc.
Školitel-specialista: RNDr. Jiří Vaniček, CSc.

Brno, prosinec 1987

Úvodem děkuji svému školiteli, ing. O. Pajgrtovi, CSc., za vedení kandidátské práce.

Svému školiteli-specialistovi, RNDr. J. Vaničkovi, CSc., z k. p. Silon Planá nad Lužnicí děkuji za náměty a podnětné rady k mé práci, za četné diskuse dosažených výsledků a za zájem, se kterým celou práci sledoval.

Vedení Výzkumného ústavu vlnařského děkuji za vytvoření podmínek pro mou práci.

Rovněž děkuji ing. J. Militkému, CSc., z VÚTZ Dvůr Králové nad Labem za zájem a pomoc při matematickém zpracování výsledků.

Svým kolegům z Výzkumného ústavu vlnařského děkuji za poskytnuté rady a praktické připomínky.

Na zdárném ukončení mé práce se také tvůrčím způsobem podíleli pracovníci pokusného závodu a mechanické zkušebny Výzkumného ústavu vlnařského, dále pracovníci fyzikálně chemické laboratoře k. p. Silon a výpočetního střediska VÚTZ, kterým za jejich pomoc rovněž děkuji.

OBSAH

	Seznam použitých symbolů a zkratek	6
	Přehled obrázků	11
	Seznam tabulek	14
1.	Úvod	17
2.	Přehled o současném stavu problematiky	19
2.1	Modifikace polyesterových vláken	20
2.1.1	Definice a základní rozdělení modifikací ..	20
2.1.2	Modifikace chemická	21
2.1.3	Modifikace fyzikální	24
2.1.4	Druhy modifikovaných vláken	28
2.2	Struktura polyesterových vláken	30
2.2.1	Molekulární struktura	31
2.2.2	Nadmolekulární struktura	33
2.2.3	Vliv modifikace na strukturu	35
2.2.4	Metody zkoumání struktury	36
2.3	Vlastnosti textilních vláken a metody jejich hodnocení	40
2.3.1	Základní vlastnosti	41
2.3.1.1	Geometrické vlastnosti	41
2.3.1.2	Mechanické vlastnosti	43
2.3.1.3	Fyzikální vlastnosti	46
2.3.2	Zpracovatelské vlastnosti	47
2.3.3	Užité vlastnosti	49
2.3.4	Komplexní hodnocení vlastností vláken	51
2.3.5	Vlastnosti polyesterových vláken	54
2.4	Vztah mezi strukturou a vlastnostmi polyesterových vláken	56
2.5	Zpracování polyesterových vláken, změny struktury a vlastností při zpracování	58
2.5.1	Výroba přízí	59
2.5.1.1	Trhání, paření, posukování	60
2.5.1.2	Povrchová úprava	61
2.5.1.3	Barvení	62
2.5.1.4	Předení	64

2.5.1.5	Paření přize	65
2.5.2	Výroba tkanin	66
2.5.3	Zušlechťování	67
3.	Cíl disertační práce	71
4.	Zvolené metody zpracování	73
4.1	Charakterizace vláken	74
4.2	Zpracování vláken	75
4.3	Použité metody hodnocení	79
4.3.1	Metody hodnocení struktury vláken	79
4.3.2	Metody hodnocení vlastností vláken	82
4.3.2.1	Geometrické vlastnosti	82
4.3.2.2	Mechanické vlastnosti	83
4.3.2.3	Fyzikálně chemické vlastnosti	84
4.3.3	Metody hodnocení přizí a tkanin	85
4.4	Parametrické hodnocení tkanin	86
4.5	Statistické zpracování výsledků měření	88
5.	Dosažené výsledky	90
5.1	Hodnocení struktury vláken	91
5.1.1	Hustota a krystalický podíl	91
5.1.2	Celková orientace	94
5.1.3	Rentgenová difrakce a faktor orientace krystalické fáze	99
5.1.4	Faktor orientace amorfni fáze	100
5.2	Hodnocení vlastností vláken	102
5.2.1	Geometrické vlastnosti	102
5.2.1.1	Délka	102
5.2.1.2	Jemnost	103
5.2.1.3	Obloučkové charakteristiky	104
5.2.2	Mechanické vlastnosti	104
5.2.2.1	Pracovní křivky a jejich charakteristiky ..	104
5.2.2.2	Oděr vláken ve smyčce a odolnost vláken v ohybu	114
5.2.2.3	Úhel zotavení vláken z ohybu	117
5.2.3	Fyzikálně chemické vlastnosti	118
5.2.3.1	Teplota počátku rekrystalizace a teplota tání	118

5.2.3.2	Srážlivost	119
5.2.3.3	Limitní viskozitní číslo	120
5.2.3.4	Povrchové oligomery	120
5.3	Hodnocení přizí	123
5.4	Hodnocení tkanin	123
5.5	Statistické zpracování výsledků měření ...	125
5.5.1	Základní výběrové charakteristiky, oboustranný konfidenční interval a základní testy hypotéz	125
5.5.2	Korelace strukturních parametrů a vlastností	126
5.5.3	Korelace vybraných vlastností	128
6.	Diskuse výsledků	131
6.1	Vliv jednotlivých textilních operací na strukturu a vlastnosti vláken	132
6.2	Vliv chemické a fyzikální modifikace na změny struktury a vlastností vláken během zpracování	134
6.3	Obecná charakterizace změn struktury a vlastností vláken v průběhu textilní- ho zpracování	135
6.4	Diskuse významných korelačních závis- lostí	137
7.	Závěr	140
8.	Konkrétní závěry pro realizaci ve společenské praxi	143
	Příloha	144
	Seznam použité literatury	171

Seznam použitých symbolů

A	deformační práce
α	úhel zotavení
a, b, c	osy elementární buňky
α, β, γ	úhly elementární buňky
β	krystalický podíl
c	rychlost šíření zvuku
c_i	koeficient významnosti, váhový koeficient
c_n	rychlost šíření zvuku v neorientovaném vzorku
D_1	rychlostní modul
E, E_1, E_2	sonický modul
E_0	počáteční modul
ϵ	tažnost, deformace
f, f_1, f_2	faktor orientace
f_a	orientační faktor amorfni fáze
f_α	faktor orientace vypočítaný z měření rychlosti šíření zvuku
$f_{\alpha'} a$	faktor orientace amorfni fáze vypočítaný z f_α
f_c	orientační faktor krystalické fáze
f_o	faktor orientace vypočítaný z měření dvojlohu
$f_{o'} a$	faktor orientace amorfni fáze vypočítaný z f_o
Φ	difrakční úhel
k	koeficient přesnosti posuzování
l	protažení
λ	dloužicí poměr
λ_1	vlnová délka světla

m	poloměr vlákna
n	počet vzorků
$\Delta n, \Delta n_1, \Delta n_2$	celkový dvojlom
Δn_a^0	dvojlom ideálně orientované amorfni fáze
Δn_c^0	dvojlom ideálně orientované krystalické fáze
Δn_{or}	dvojlom ideálně orientovaného vlákna
p	pevnost
P	zatižení
r	poloměr křivosti v ohybu
r_k	koefficient korelace
r_{krit}	kritický koefficient korelace
r_p	parciální koefficient korelace
$r_{p\ krit}$	kritický parciální koefficient korelace
$\varrho, \varrho_1, \varrho_2$	hustota
ϱ_a	hustota amorfni fáze
ϱ_c	hustota krystalické fáze
s	směrodatná odchylka
σ	pevnost
T_c	teplota maximální rychlosti studené krystalizace
T_{ef}	efektivní teplota fixace
T_g	teplota skelného přechodu
T_m, T_{m1}, T_{m2}	teplota tání
T_{rc}	teplota počátku rekrytalizace
T_t	titr vlákna, jemnost vlákna
θ	orientační úhel

U	užitná hodnota
v_n	rychlost zvlákňování
x''_i	určující vlastnost textilie
$x''_{a, i} \dots$	meze transformace pro určující vlastnost
y_i	normovaná určující vlastnost textilie
$y_{a, i} \dots$	meze normované určující vlastnosti

Použité zkratky

BP	barvený pramen
DSC	diferenciální skanovací kalorimetrie
DTA	diferenciální termická analýza
hm.	hmotnostní
K	kabel
LVČ	limitní viskozitní číslo
mol.	molární
NMR	nukleární magnetická rezonance
NP	nepařená příze
NT	nepařený trhanec
o	osnova
OKI	oboustranný konfidenční interval
P	přást
PaP	pařená příze
PES	polyesterový
PET	polyethylentereftalátový
PoP	posukovaný pramen
POY	partially oriented
PT	pařený trhanec
RT	režná tkanina
rtg.	rentgenový
Ř	řezanec
TMA	termomechanická analýza
ú	útek
UT	upravená tkanina

UV ultrafialový

VK variační koeficient

Přehled obrázků

- Obrázek 1 Změny orientace PES vláken při zvlákňování
- Obrázek 2 Změny pevnosti a tažnosti PET vlákna při dloužení
- Obrázek 3 Změny smrštění ve vroucí vodě, hustoty a dvojlomu PET vlákna při dloužení
- Obrázek 4 Základní buňka polyethylentereftalátu
- Obrázek 5 Prevorsekův model struktury semikrystalických vláken
- Obrázek 6 Vliv struktury amorfni fáze na dvojlom a sonický modul
- Obrázek 7 Pracovní křivky PES vláken fixovaných při 160° C po dobu 1 minuty
- Obrázek 8 Pracovní křivky PES vláken v závislosti na teplotě fixace
- Obrázek 9 Typický průběh křivky ohřevu (DSC) PES vláken
- Obrázek 10 Polygon polyesterového vlákna, vlny a bavlny
- Obrázek 11 Radiální reprezentace parametrů zvolených pro hodnocení vláken
- Obrázek 12 Závislost pevnosti na průměrné orientaci a na orientaci amorfni oblastí
- Obrázek 13 Vztah mezi strukturou a vlastnostmi; vlákno - příze - textilie
- Obrázek 14 Vliv doby paření na ustalování příze
- Obrázek 15 Vliv teploty fixace na úhel zotavení
- Obrázek 16 Schodová (preferenční) funkce
- Obrázek 17 Výsledky měření hustoty vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 18 Velikost krystalického podílu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 19 Závislost hustoty na teplotě fixace vlákna TESIL 12 (řezací kabel) ve volném stavu
- Obrázek 20 Závislost krystalického podílu na teplotě fixace vlákna TESIL 12 (řezací kabel) ve volném stavu

- Obrázek 21 Výsledky měření rychlosti šíření zvuku vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 22 Velikost sonického modulu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 23 Výsledky měření dvojlohu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 24 Velikost orientačního faktoru vláken vypočítaného z měření dvojlohu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 25 Velikost orientačního faktoru vláken vypočítaného z měření rychlosti šíření zvuku vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 26 Velikost faktoru orientace krystalické fáze vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 27 Velikost faktoru orientace amorfni fáze vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 28 Výsledky měření jemnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 29 Vliv zpracovatelských operací na pracovní křivky a jejich 1. derivace vlákna TESIL 12 (trhací kabel)
- Obrázek 30 Vliv trhání a paření na pracovní křivky a jejich 1. derivace vlákna TESIL 22
- Obrázek 31 Výsledky měření absolutní pevnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 32 Velikost relativní pevnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 33 Výsledky měření tažnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 34 Velikost deformační práce vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 35 Velikost počátečního modulu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 36 Výsledky měření odolnosti proti oděru ve smyčce vzorků PES vláken z textilního zpracování

- Obrázek 37 Výsledky měření odolnosti v ohybu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 38 Velikost relativní odolnosti v ohybu vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 39 Výsledky měření úhlu zotavení vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 40 Výsledky měření teploty počátku rekrytalizace vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 41 Výsledky měření sráživosti vzorků PES vláken z textilního zpracování
- Obrázek 42 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po posukování; zvětšení 300krát
- Obrázek 43 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po barvení; zvětšení 300krát
- Obrázek 44 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po finiseru; zvětšení 300krát
- Obrázek 45 Ideální tvar pracovní křivky vlákna z hlediska snížení odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a zvýšení úhlu zotavení

Seznam tabulek

Tabulka I	Parametry zvolené pro hodnocení vláken a jejich hodnoty pro průměrné vlákno
Tabulka II	Hodnoty celkového dloužicího poměru a teplota fixace pro TESIL 12 a 22
Tabulka III	Vlastností vyráběných vláken TESIL 12 a 22 (průměrné hodnoty)
Tabulka IV	Základní konstrukční parametry tkanin
Tabulka V	Přehled odebraných vzorků a jejich značení v textu
Tabulka VI	Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnařského technologického procesu
Tabulka VII	Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 22, odebraných z vlnařského technologického procesu
Tabulka VIII	Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 12 a TESIL 22, odebraných z vlnařského technologického procesu
Tabulka IX	Hodnoty hustot a krystalických podílů sady vzorků režných tkanin, fixovaných ve volném stavu při různé teplotě
Tabulka X	Hodnoty jemnosti a parametrů pracovních křivek vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnařského technologického procesu
Tabulka XI	Hodnoty jemnosti a parametrů pracovních křivek vzorků PES vláken TESIL 22
Tabulka XII	Hodnoty ostatních mechanických parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnařského technologického procesu

Tabulka XIII	Hodnoty ostatních mechanických parametrů vzorků PES vláken TESIL 22
Tabulka XIV	Hodnoty fyzikálně chemických parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnářského technologického procesu
Tabulka XV	Hodnoty fyzikálně chemických parametrů vzorků PES vláken TESIL 22
Tabulka XVI	Hodnoty délky vláken vzorků PES vláken po řezání, trhání a posukování
Tabulka XVII	Hodnoty obloučkových charakteristik vzorků PES vláken, odebraných z vlnářského technologického procesu
Tabulka XVIII	Hodnoty povrchových oligomerů vzorků PES vláken po posukování, barvení a předpřádání (po finiseru)
Tabulka XIX	Hodnoty fyzikálně mechanických vlastností 100 % PES přízí
Tabulka XX	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; plátňová vazba
Tabulka XXI	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; keprová vazba (cirkas)
Tabulka XXII	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; plátňová vazba
Tabulka XXIII	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; keprová vazba (cirkas)
Tabulka XXIV	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; plátňová vazba
Tabulka XXV	Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin; keprová vazba (cirkas)

- Tabulka XXVI Vypočítané užité hodnoty PES tkanin podle metodiky SVÚT Liberec
- Tabulka XXVII - XXIX Hodnoty základních výběrových charakteristik vzorků PES vláken, odebraných z vlnářského technologického procesu
- Tabulka XXX - XXXIII Výsledky F a t testů vzorků PES vláken, odebraných z vlnářského technologického procesu
- Tabulka XXXIV Korelace strukturních parametrů a vlastností PES vláken
- Tabulka XXXV Korelace modulu D_1 a odolnost proti oděru ve smyčce, relativní odolnosti v ohybu, úhlu zotavení
- Tabulka XXXVI Korelace limitního viskozitního čísla a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu, pevnosti
- Tabulka XXXVII Korelace úhlu zotavení, resp. pevnosti, a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu

1. Úvod

Pro optimální využití polyesterových vláken v textilním průmyslu je nezbytné, aby zpracovatelé znali vlastnosti těchto vláken a dovedli částečně předvidat jejich chování.

S každým nově vyvíjeným vláknem je nutné řešit otázku zpracovatelnosti a zpracování, otázku využití jeho vlastností pro daný sortiment.

Textilní vlákna procházejí v průběhu technologického zpracování řadou deformačních a tepelných procesů, které ovlivňují jejich strukturu i vlastnosti.

Kandidátská disertační práce byla proto zaměřena na stanovení vlivu výchozí chemické a fyzikální modifikace polyesterových vláken na změnu jejich struktury a vlastností v průběhu vlnářského způsobu zpracování. K tomuto účelu byl použit nemodifikovaný typ polyesterového vlákna TESIL 12 a chemicky modifikovaný typ se sníženým sklonem ke žmolkování TESIL 22. Oba typy byly v provedení kabelů pro řezací a pro trhací konvertor (modifikace fyzikální).

2. Přehled o současném stavu problematiky

2.1 Modifikace polyesterových vláken

Modifikovaná polyesterová vlákna mají oproti klasickým vláknům z polyethyltereftalátu lepší zpracovatelské a užitné vlastnosti. Známe dnes vlákna se sníženým sklonem ke žmolkování, zlepšenou barvitelností, upravenou sráživostí, bikomponentní vlákna; využívá se modifikací snižujících hořlavost, tvorbu statického náboje, špinivost aj. /1, 2/.

Největší světové koncerny na výrobu chemických vláken rozšířily sortiment polyesterových vláken o vlákna specifických vlastností, jako např. polyesterová vlákna s omakem podobným vlně, bavlně, lnu nebo přírodnímu hedvábí. Dále se inzerují novinky spočívající v novém způsobu zlepšení vlastností, jako např. jemnost omaku, elasticita, lepší barvitelnost, lepší odolnost vůči oděru, zlepšená navlhavost, vzhled přírodních vláken, dutá vlákna, speciální průřez atd. Zjemněním vyráběných typů střížových polyesterových vláken byl příznivě ovlivněn estetický vzhled po stránce omaku a splývavosti /3/.

2.1.1 Definice a základní rozdělení modifikací

Modifikace je záměrná změna složení nebo struktury, která vede ke zlepšení některých vlastností vláken /1/.

Cílem modifikace může být:

- získání nových vlastností (např. afinity ke kationtovým barvivům, nehořlavosti)
- zvýraznění pozitivních vlastností (např. odolnost vůči působení ultrafialového záření, zvýšení pevnosti)
- potlačení negativních vlastností (např. snížení žmolkovitosti, zvýšení sorpčních schopností).

Neexistuje však ideální modifikace, která by eliminovala všechny negativní a zachovala přitom všechny pozitivní vlastnosti vláken. Každé zlepšení na jedné straně s sebou přináší zhoršení na straně druhé. Proto se vyskytuje mnoho různých modifikací vhodných jen pro určitý účel použití.

Modifikace se obecně dělí na /4, 5/:

- fyzikální (změna struktury)
- chemickou (změna chemického složení)

Lze říci, že každá chemická modifikace je ve skutečnosti kombinací chemické a fyzikální modifikace, protože pro prodloužení a fixaci kopolyesterů je nutné volit vždy speciálně upravené podmínky.

Militký a kol. /1/ považují za vhodnější dělit modifikace podle toho, v jakém stadiu zpracování se provádějí.

Rozlišují modifikace:

- v průběhu přípravy polymerů (změna střední molekulové hmotnosti, příprava kopolyesterů, přidavek aditiv do taveniny polymeru)
- při přípravě vláken (úprava podmínek dloužení a fixace, příprava vláken s nekruhovým průřezem, výroba ultrajemných vláken, zvýšení rychlosti zvlákňování, tvarování, výroba bikomponentních vláken)
- při použití vláken (roubování, dodatečná krystalizace, řízená povrchová destrukce).

2.1.2 Modifikace chemická

Je to nejznámější druh modifikace, umožňující měnit vlastnosti vláken v širokém rozmezí. Tato modifikace se provádí v průběhu přípravy polymeru.

Patří sem:

- Změna střední molekulové hmotnosti; provádí se úpravou doby a podmínek polykondenzace (teploty a tlaku). Její snížení vede jednak ke snížení pevnosti vláken, jednak ke snížení odolnosti v ohybu, a tím ke snížení žmolkovitosti. Projevuje se i malým zvýšením barvitelnosti.
- Příprava kopolymerů; je základem pro většinu modifikací polyesterových vláken. Podle podmínek přípravy je možno vyrobit buď statistický kopolymer (připravuje se přidavkem bifunkčního komonomeru - diolu nebo dikarboxylové kyseliny), nebo blokový kopolymer (podle způsobu přípravy vznikají kopolymery ze dvou druhů polymerů, mezi nimiž neprobíhají výměnné reakce; nebo se kopolymery získávají společným tavením dvou polymerů, mezi kterými vznikají výměnné reakce), nebo rozvětvený kopolymer.
- Přídavek aditiv (tj. látek, které se nezabudovávají do polymerních řetězců, ale zůstávají dispergovány ve hmotě polymerů) má za následek např. snížení hořlavosti vláken. Aditivem je také matovací prostředek, pigmenty barviva ve hmotě apod. V současné době se používají aditiva, která se z vláken dodatečně odstraňují, čímž vznikají vlákna s příčnými póry.

Příprava rozvětvených kopolymerů

Rozvětvené kopolymery vznikají přidavkem vícefunkčních komonomerů (třífunkčních). Používají se zejména při výrobě vláken se sníženou žmolkovitostí (např. modifikace na bázi pentaerythritolu). Malé rozvětvení zvyšuje viskozitu taveniny polymeru, a tím umožňuje výraznější snížení relativní molekulové hmotnosti polyethylentereftalátu při zachování potřebných vláknotvorných vlastností taveniny.

Při výrobě modifikovaného polyesterového vlákna TESIL 22 je dostatečně vysoké hodnoty dynamické viskozity polymerní taveniny při snížené relativní molekulové hmotnosti

(a tedy i při nižší hodnotě limitního viskozitního čísla) dosaženo přidavkem větvicího činidla - pentaerythritolu - o koncentraci menší než 0,2 mol. %. Používá se technický pentaerythritol o složení 83 hm. % monopentaerythritolu, 13 hm. % dipentaerythritolu a 3 hm. % tripentaerythritolu /6/. Tato modifikační složka umožňuje navázání postranních řetězců na hlavní polymerní řetězce. Z hlediska výroby polymerní taveniny a zvlákňování kontinuálním způsobem je zapotřebí udržovat relativní molekulovou hmotnost v poměrně úzkém rozmezí, což se provozně kontroluje stanovením limitního viskozitního čísla, protože stanovení koncentrace modifikační složky do 0,2 mol. % v polymeru je běžnými analytickými metodami nedostupné. Při nižších hodnotách limitního viskozitního čísla, než je hodnota optimální, dochází k defektům při zvlákňování a při vyšších hodnotách může vyrobené vlákno vykazovat menší odolnost vůči žmolkování. Větvicí činidlo se přidává pouze v nezbytně nutném množství, protože při jeho vyšších koncentracích je nebezpečí tvorby polymerních nehomogenit (síťování) /7/.

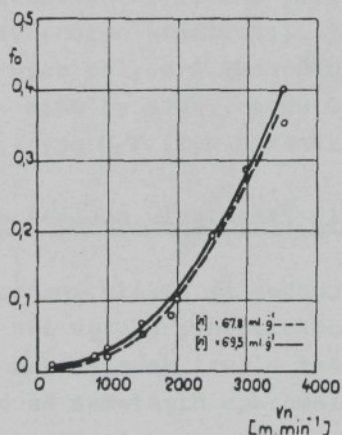
Autoři práce /8/ sledovali vliv podmínek přípravy polyethyltereftalátu na jeho molekulovou hmotnost a větvení. Pro popis molekulární charakterizace větvených polyethyltereftalátů byl stanoven stupeň větvení jako poměr limitních viskozitních čísel větveného a lineárního vzorku o téže molekulové hmotnosti. Výsledky ukazují, že vzorky polyethyltereftalátu mají bez přidavku větvicího činidla stupeň větvení blízký jednotce. Vyrůstající obsah větvicího činidla způsoboval větší rozvětvení vzorků, způsob přidavku naproti tomu ovlivnil stupeň větvení nepatrně (stupeň větvení není závislý na tom, zda větvicí komonomer je přidán v průběhu reesterifikace nebo v počátečních fázích polykondenzace); vzorky s vyšší hodnotou limitního viskozitního čísla vykazovaly větší rozvětvení, různá doba polykondenzace stupeň větvení znatelně neovlivnila.

2.1.3 Modifikace fyzikální

Fyzikální modifikace je modifikací při výrobě vláken. Změn vlastností vláken se dosahuje úpravou podmínek zvlákňování, dloužení, tvarování /1, 9/.

Vliv rychlosti zvlákňování na změnu struktury a vlastností vláken je uveden v práci /10, 11/. Vlákná vyráběná při rychlostech zvlákňování vyšších než cca 2000 m/min se svými vlastnostmi liší od vláken vyráběných při nižších rychlostech. Důvodem je vznik částečně orientované struktury (tato vlákna se označují POY - partially oriented). Podrobnější popis struktury POY vláken je uveden v práci /12/. Přehled změn fyzikálně mechanických vlastností POY vláken vůči klasickým polyethylentereftalátovým vláknům je uveden v práci /13/.

Obr. 1 Změny orientace polyesterových vláken při zvlákňování



f_o - orientační faktor
 v_n - rychlost zvlákňování

Úpravou podmínek dloužení a fixace je možné v poměrně širokém rozmezí změnit vlastnosti polyethylentereftalátových vláken. To umožňuje snadné přizpůsobení vlastností vláken požadavkům textilních odběratelů. Příkladem jsou vlákna s vyšším počátečním modulem, nízkou nebo vysokou tažností, kabely pro konvertorovou technologii, sráživá vlákna.

Účelem tvarování je změna linearit tvaru vláken a vytvoření dvourozměrné, resp. třírozměrné obloučkovité struktury. Tvarováním je chápán každý proces, kterým se dosáhne větší objemnosti vláken /14/.

Profilovaná vlákna (vlákna s nekulatým průřezem) se vyrábějí na speciálních tryskách. Mají menší sklon ke žmolování, rychleji se smáčí, mají lepší tepelně izolační vlastnosti, lze je využít i do efektních přizvů.

Ultrajemná vlákna (mají menší jemnost než 1 dtex), mají velmi jemný omak, nevýhodou je zvýšená mačkavost.

Bikomponentní vlákna jsou vyráběna jednak pro tvarovací efekty (různá sráživost), jednak pro využití vlastností dvou či více polymerů. Mohou být typu S/S (typ strana ke straně - side by side), typu C/S (typ plášť-jádro - core-sheath), typu M/F (typ bikonstituentní - matrix-fibril) /1/.

Vliv dloužení na vlastnosti vláken

Dloužení vláken je jednou ze základních technologických operací při výrobě syntetických vláken. Deformace při dloužení má za následek trvalé změny tvaru a vzájemného rozmístění jednak samotných makromolekul, jednak celých nadmolekulárních útvarů.

Průběh dloužení a vlastnosti dlouženého vlákna ovlivňují nejen podmínky při dloužení, ale také vlastnosti nedlou-

ženého vlákna. Dloužení významně ovlivňuje střední molekulová hmotnost, vlhkost nedlouženého vlákna a předorientace.

Procesem dloužení se zabývala již dříve celá řada autorů /15, 16, 17/. Vliv dloužení na strukturu polyesterových vláken je uveden v práci /18, 19, 20/. V práci /21/ je popsán vliv variací podmínek dloužení a fixace na změnu vlastností polymeru. Změnou fyzikálních podmínek dloužení a fixace polyesterových vláken lze v omezené míře ovlivnit jejich odolnost v ohybu /22/. Strukturou a dloužením amorfního polyethylentereftalátového vlákna za studena se zabývala práce /23/. Vliv dloužicího poměru na vlastnosti a strukturu polyethylentereftalátových vláken byl sledován v práci /24/.

Vlivem podmínek dloužení na vlastnosti, orientaci a morfologii polyethylentereftalátových vláken se zabývá práce /25/. Navrhuje následující schéma přestavby nadmolekulární struktury při dloužení:

- Při nízkých stupních deformace ($1 : 2,2$) vznikají fibrily s parakrystalickými vrstvami kolmými na osu vlákna. Makromolekulární řetězce jsou v těchto parakrystalických vrstvách k ose vlákna skloněné.
- Za vyšších stupňů deformace ($1 : 2,6$ až $1 : 3,0$) může docházet k většímu posouvání částí řetězců a napínání sítě zapletenin. Osy makromolekul v krystalitech se orientují do směru osy vlákna. Ve vytvořených fibrilách jsou pak vzhledem ke geometrii elementární krystalografické buňky nadmolekulární parakrystalické vrstvy k ose vlákna skloněné. V této oblasti dloužicích poměrů byl současně pozorován pokles orientace amorfní fáze.
- Od dloužicího poměru $1 : 3,0$ se vytvořená fibrilární struktura zdokonaluje.

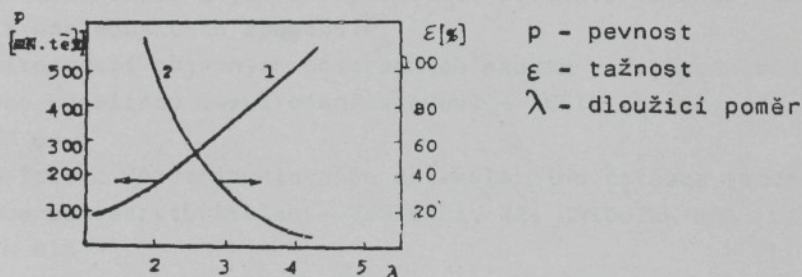
Na velikosti dloužicího poměru závisí také struktura a vlastnosti polyethylentereftalátových vláken. V oblasti dloužicích poměrů $1 : 2,2$ až $1 : 2,6$ a $1 : 3,0$ až $1 : 4,6$

roste hustota, pevnost, celková orientace, orientace krystalické a amorfni fáze, dvojlom, rychlost šíření zvuku, sonický modul a klesá tažnost. V oblasti dloužicího poměru 1 : 2,6 až 1 : 3,0 se hustota, dvojlom, orientace amorfni fáze a tažnost prakticky nemění (vysvětluje se to přestavbou fibrilární struktury). Tyto výsledky obsahují /24, 25/.

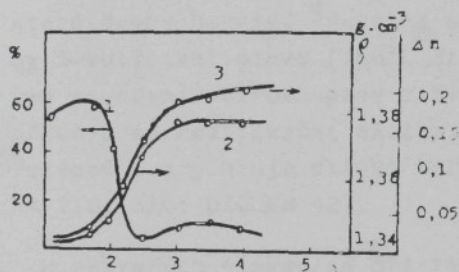
Změny pevnosti, tažnosti, smrštění ve vroucí vodě, hustoty a dvojlomu polyethylentereftalátového vlákna při dloužení znázorňují obr. 2 a 3.

Po dloužení jsou polyesterová vlákna vysoce orientovaným systémem. Orientační faktor krystalických oblastí je kolem 0,95 a orientační faktor amorfních oblastí je větší než 0,6. Stupeň krystalinity vydloužených a temperovaných vláken je kolem 0,4 /26/.

Obr. 2 Změny pevnosti (1) a tažnosti (2) PET vlákna při dloužení



Obr. 3 Změny smrštění ve vroucí vodě (1), hustoty (2) a dvojlomu (3) PET vlákna při dloužení



Δn - dvojlom
ρ - hustota
λ - dloužicí poměr

2.1.4 Druhy modifikovaných vláken

Vlákna se sníženým sklonem ke žmolkování

Podstata modifikace spočívá v přípravě polymeru o nižší molekulové hmotnosti. Aby bylo dosaženo dobrých vláknotvorných vlastností, zvýší se dynamická viskozita taveniny některým z následujících způsobů:

- přítomností objemných postranních skupin v řetězci (modifikace kyselinou 5-sulfoisoftalovou) - TESIL 31, 32, 33; DACRON 64
- částečným větvením hlavního molekulárního řetězce (modifikace pentaerythritolem) - TESIL 21, 22; GRISUTEN HPA, DIOLEN 615
- přítomností sloučenin tvořících v tavenině labilní vazby
- přidavkem aditiva

Tato modifikace má však negativní dopad na jiné vlastnosti: dochází ke snížení pevnosti, k většímu množství povrchových oligomerů, vyšší prašnosti při zpracování, vyšší náročnosti při dloužení z hlediska defektů /27/.

Vlákna se zlepšenou barvitelností

Podstata modifikace spočívá v tom, že:

- a) je přidán komonomer, který je schopen chemicky vázat některé druhy barviv. Převážně se používá sodná sůl kyseliny 5-sulfoisofthalové (TESIL 31, 32, 33). Podrobně se vlivem zavedení sulfoskupiny zabýval Lacko /28, 29/.
- b) přidává se modifikační složka, která zvyšuje pohyblivost řetězců a zrychluje difúzi barviva (TESIL 61, 62, TREVI-RA 210, 310, DIOLLEN 42).

U některých vláken se při těchto modifikacích dosahuje současně sníženého sklonu ke žmolkování. Protože pohyblivost řetězců ovlivňuje také způsob dloužení, tato vlákna jsou náročná na způsob a standardnost podmínek zvlákňování a dloužení.

Sráživá vlákna

Tato modifikace spočívá především ve způsobu dloužení a fixace, i když jí lze lépe dosáhnout modifikací chemickou. U nás se vyráběla VELANA S; ze zahraničních vláken jsou to např. ELANA S, DACRON 64 S. Sráživá vlákna nenašla ve světě příliš velké uplatnění, neboť požadované vlastnosti splňují mnohem lépe vlákna polyakrylonitrilová /27/.

Vlákna barvená ve hmotě

Podstata modifikace spočívá v tom, že se do polymeru v průběhu polykondenzace vpraví barevný pigment (stálý při podmínkách polykondenzace), který neovlivňuje průběh reakce. Může být vnášen do taveniny spolu se stabilizátorem. Barvení sazemi na černo je zavedeno u řady výrobců. Uplatnění dalších barevných odstínů je značně problematické vzhledem k ceně tohoto vlákna a nárokům na dodržení barevného odstínu.

Vlákna s nekruhovým průřezem a dutá vlákna

Modifikace se realizuje volbou vhodného tvaru zvlákňovacích trysek. Profilovaná vlákna jsou běžně vyráběna pro různé efekty na tkaninách a současně také snižují žmolkovitost. Dutá vlákna se vyrábějí na segmentových tryskách; tato výroba je značně náročná na přesné dodržování výrobních podmínek.

Vlákna s nízkou jemností

Jedná se vlastně pouze o fyzikální modifikaci, ovšem má velký význam. Umožňuje výhled stále jemnějších přízí. Ve světě se vyrábějí rovněž superjemná vlákna, a to dodatečným štěpením silnějších vláken /27/.

Jiné modifikace

Existuje ještě celá řada dalších modifikací polyesterových vláken jako nehořlavá vlákna, bikomponentní vlákna, vlákna s trvalou antistatickou úpravou atd. Tato vlákna nenalezla zatím širší praktické uplatnění. V současné době se rozvíjí výroba vláken s příčnými póry, která splňují téměř všechny požadavky textilních zpracovatelů: jsou nežmolkující, velmi dobře barvitelná za varu bez přenašeče, transportují vodu stejně dobře jako bavlna a mají také dobré tepelně izolační vlastnosti /27/.

2.2 Struktura polyesterových vláken

Podstatu vláken tvoří jednotlivé chemické sloučeniny vázané do dlouhých lineárních molekulárních řetězců - makromolekul. Proto jsou vlastnosti podél osy makromolekul odlišné od vlastností napříč makromolekulární osy a je to podstatou anizotropie makromolekul, která podmiňuje rozdílné vlast-

nosti vláken ve směru osy a ve směru kolmém k ose vlákna /30/.

Při popisu struktury polymeru se uvažují dvě úrovně:

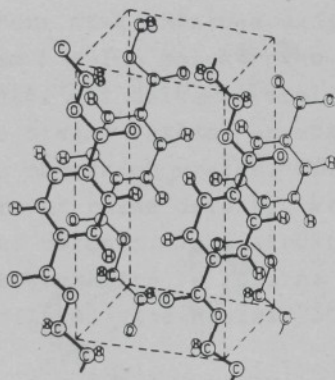
1. Molekulární struktura (molekulární řetězce a jejich stavba) - polymery obsahují řetězce stejného chemického složení, avšak různé délky a různých konformací.
2. Nadmolekulární struktura - jednotlivé řetězce se mohou vzájemně více či méně seskupovat, takže vytvářejí oblasti s trojrozměrným uspořádáním (krystalické), potom celé spektrum méně uspořádaných oblastí (parakrystalické, mezomorfni) a nakonec oblasti zcela neuspořádané (amorfni). Tyto oblasti mohou mít ještě různou orientaci vzhledem k ose vlákna /1, 31/.

2.2.1 Molekulární struktura

Struktura polyethylentereftalátu je podrobně popsána např. v literatuře /1, 30, 32, 33/. Polymer obsahuje pouze lineární řetězce s pravidelně se střídajícími zbytky kyseliny tereftalové (aromatická část) a ethylenglykolu (alifatická část). Rozvětvené makromolekuly se mohou částečně tvořit při dodatečné tepelné destrukci.

Krystalická struktura elementární buňky je trojklonná, s osami $a = 0,456$ nm, $b = 0,594$, $c = 1,075$ nm; s úhly $\alpha = 98,5^\circ$, $\beta = 118^\circ$, $\gamma = 112^\circ$; osa c je rovnoběžná s osou řetězců. Obsahuje jen jednu monomerní jednotku. Benzenová jádra svírají s rovinou esterových skupin úhel 120° .

Obr. 4 Základní buňka polyethylentereftalátu



V amorfních oblastech se může vytvořit neplanární konformace otočením kolem vazby $\text{—C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \text{<}$. Větší možnost

konformačních změn dovoluje otáčivost kolem jednoduchých vazeb $\text{—CH}_2\text{—O—}$ a vazby $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$. Tato pohyblivost způsobuje snížení uspořádanosti, dovoluje ohybání řetězce a vznik gauche- a trans- izomerů.

Menší uspořádanost amorfních oblastí se připisuje určitému podílu gauche- konformací. Ve vláknech je významná orientace amorfního podílu. Předpokládá se, že makromolekuly v orientovaných amorfních oblastech jsou napříměny, s trans- konformací, ale jednotlivé úseky jsou vychýleny rotací kolem osy řetězce.

Vlivem chemické modifikace se vždy symetrie řetězců a často i komplanarita naruší /1/.

2.2.2 Nadmolekulární struktura

Při hodnocení struktury jde o vztah uspořádané pravidelné trojrozměrné krystalické fáze k fázi nekystalické (amorfni). Mezi nimi existuje vzájemná spojitost a souvislost vzhledem k délce polymerního řetězce, která je několiknásobně větší než délka krystalitů a velké periody. Z toho plyne, že stejný řetězec se může účastnit na tvorbě více krystalitů a amorfních vrstev. Kromě toho se v krystalitech mohou vyskytovat různé defekty, které se mohou jevit jako nekystalické oblasti. Také struktura amorfních oblastí může být velmi rozmanitá a může se skládat nejméně ze dvou částí s rozdílnými vlastnostmi /30/.

Proto již dlouho existuje snaha o vyjádření složitosti struktury vláken pomocí vhodných modelů. Všechny modely však mají omezenou platnost. Buď mají funkci zjednodušujícího předpokladu na vysvětlení složitého strukturního systému, nebo se používají jen na interpretaci vlastností vláken /1, 30, 31/.

Nejjednodušším modelem popisu molekulární orientace a orientačních procesů je Wardův jednofázový model orientovaných elementů, podle něhož je polymer považován za systém, jehož vlastnosti jsou funkcí průměrné distribuce jednotek tvořících tento systém. Přestože v jednofázovém modelu není brán zřetel na nadmolekulární strukturu, bylo pomocí tohoto modelu dosaženo velmi dobré shody vypočítaných a experimentálně získaných dat orientační funkce (určené ze závislosti dvojlomu na dlouhícím poměru) také u polyesterových vláken /24/.

Dvoufázový model, složený z fáze krystalické a amorfni, se používá s výhodou pro vyjádření strukturních poměrů v semikrystalickém polymeru. Nejdůsledněji propracoval dvoufázový model Samuels /34/, který aplikoval tento model na rozbor

orientace polyethylentereftalátu. Stein na základě tohoto modelu odvodil základní rovnici pro celkový dvojlom semi-krytalických polymerů /35/.

I přesto, že dvoufázový model představuje značné zjednodušení reálného polymerního systému, je pro řadu svých výhod stále používán. Jeho prvořadou výhodou je použitelnost pro popis změn nadmolekulární struktury semikrytalických polymerů během dloužení a dále pro charakterizaci mechanického chování.

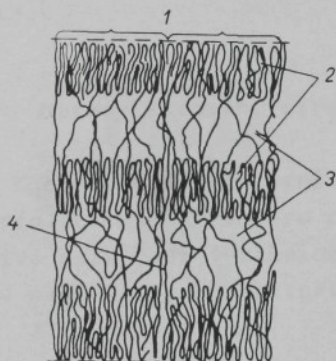
V poslední době se již ustálila představa, že jednotkou struktury všech semikrytalických vláken jsou mikrofibrily. U dloužených polyethylentereftalátových vláken je jejich tloušťka kolem 10 nm a jejich délka srovnatelná s délkou makromolekulárních řetězců (kolem 1 μm). Mikrofibrily jsou tedy dlouhé tenké útvary, které mají v příčném řezu tvar elipsy nebo rovnoběžníku.

Prevorsek navrhl pro polyesterová a polyamidová vlákna třífázový model /36/. Tento model se skládá z mikrofibril, obsahujících střídavě amorfni a krytalické oblasti, které jsou vzájemně propojeny amorfni mezifibrilární fází. Každá fáze je charakterizována objemovým zlomkem a orientačním faktorem. Objemové zastoupení jednotlivých fází a jejich orientace závisí na podmínkách vzniku vláken /33/.

Prevorsekův model umožňuje objasnění různých vlivů na strukturu vláken. Při sledování vlivu modifikačních komponent na nadmolekulární strukturu postačuje určit změny krytalické fáze a mezifibrilární amorfni fáze. Intrafibrilární fáze není vzhledem ke své pasivní roli tak důležitá /1/.

Obr. 5 Prevorsekův model struktury semikrystalických vláken

- 1 - mikrofibrily
- 2 - krystality
- 3 - amorfni intrafibrilární fáze
- 4 - amorfni mezifibrilární fáze



2.2.3 Vliv modifikace na strukturu

Modifikace má vliv jak na stav krystalické fáze, tak i na stav amorfni fáze.

Přítomnost komonomeru ovlivňuje rychlost krystalizace, velikost, tvar a pravidelnost krystalických struktur; s rostoucím obsahem modifikační složky rychlost krystalizace a teplota maximální rychlosti krystalizace klesá. Přítomnost komonomeru výrazně ovlivňuje také teplotu tání. S přidavkem komonomeru, který je statisticky rozložen, teplota tání klesá.

Vliv komonomeru se projevuje rovněž u amorfni fáze, která je charakterizována zejména svou pohyblivostí a na které závisí celá řada vlastností polymerů od viskoelastických až k sorpčním. Nepřímé informace o pohyblivosti řetězců v amorfních oblastech se získávají z hodnot teploty zesklenní (čím nižší teplota zesklenní, tím jsou nižší také energetické bariéry bránící pohyblivost amorfni fáze). Modifikační složky ve většině případů snižují teplotu zesklenní /1/.

2.2.4 Metody zkoumání struktury

K ověření vlivů jednotlivých faktorů na molekulární a morfologickou strukturu při výrobě a zpracování vláken se používá celá řada fyzikálně analytických metod, kterými je možné sledovat a charakterizovat strukturní poměry ve vláknech /37/.

Metody zkoumání molekulární struktury

Mezi nejpožívanější metody stanovení relativní střední molekulové hmotnosti patří viskozimetrie, používá se také osmometrie a metoda stanovení koncových skupin /30, 33, 37, 38/.

Pro stanovení chemického složení řetězců se nejčastěji používá metoda nukleární magnetické rezonance - NMR /1, 30, 39/ a plynová chromatografie /40/. Univerzální metodou je infračervená spektroskopie. Z velikosti a poloh jednotlivých maxim absorpce je možné určit nejen chemické složení, ale také obsah jednotlivých konformerů /4, 30, 41, 42/.

Metody zkoumání nadmolekulární struktury

Při hodnocení nadmolekulární struktury se používá stanovení krystalografické modifikace, velikosti základní buňky,

velikosti krystalitů, velké periody a velikosti podílu krystalických a nekrystalických oblastí a jejich uspořádání.

Sférolity a fibrily jako rozměrově největší celky struktury vláken je možné hodnotit již světelnou mikroskopií. Elektronovou mikroskopií lze velmi přesně a podrobně určit jejich velikost včetně mezifibrilárních prostor. Použitím řádkovací elektronové mikroskopie se získají důležité údaje o struktuře vláken a fibrilárním uspořádání ve směru osy vlákna i ve směru kolmém na osu vlákna /4/.

Pro stanovení krystalického podílu u polyesterů se používají především tyto metody: klasická rentgenová difrakce, infračervená spektroskopie, termické metody, měření hustoty /4, 30, 33, 41, 43, 44, 45/.

Krystalický podíl β lze vypočítat (s použitím výsledků měření hustot) podle vztahu

$$\beta = \frac{\rho_c}{\rho} \cdot \frac{(\rho - \rho_a)}{(\rho_c - \rho_a)} \quad (1)$$

kde ρ_c je hustota ideálně krystalické fáze, ρ_a je hustota ideálně amorfni fáze, ρ je hustota vzorku. Hodnoty hustoty ideálně krystalické fáze, resp. ideálně amorfni fáze jsou v literatuře /24/ udávány v rozmezí hodnot 1 330 - 1 342, resp. 1 455 - 1 477 kg.m⁻³.

Stupeň orientace jednotlivých fází i celého systému je charakterizován orientačními faktory (funkcemi).

Orientace krystalických oblastí se běžně stanovuje z širokouhlé rentgenové difrakce podle vztahu odvozeného Hermansem /1, 24/

$$f_c = \frac{3 \cos^2 \theta - 1}{2} \quad (2)$$

kde f_c je stupeň orientace krystalického podílu, $\overline{\cos^2 \theta}$ je průměrná hodnota kvadrátu kosinu úhlu θ , θ je orientační úhel (charakterizuje prostorové uložení segmentů vzhledem ke zvolenému směru). Pro zcela orientovaný systém ve směru referenčním je $f_c = 1$, pro izotropní systém $f_c = 0$ a v případě systému orientovaného kolmo na referenční směr je $f_c = -0,5$.

Při určování orientace amorfni fáze se uplatňuje postup navržený Steinem /46/. Ten vyšel z představy dvoufázové struktury semikrystalických polymerů a odvodil pro celkový dvojlom Δn vztah

$$\Delta n = f_c \cdot \sqrt{3} \cdot \Delta n_c^0 + f_a \cdot (1 - \sqrt{3}) \cdot \Delta n_a^0 \quad (3)$$

kde Δn_c^0 , resp. Δn_a^0 jsou dvojlomy ideálně orientované krystalické, resp. amorfni fáze. Dumbleton /47/ uvádí pro polyethylentereftalát $\Delta n_c^0 = 0,22$ a $\Delta n_a^0 = 0,275$. Místo dvojlomu při výpočtu f_a je možno použít údaje z měření rychlosti šíření zvuku /48/.

K nejpoužívanějším metodám ke sledování průměrné orientace patří měření dvojlomu a rychlosti šíření zvuku ve vláknech /4, 30, 49/.

Stupeň celkové orientace vlákna vypočítaný z měření dvojlomu je dán vztahem

$$f_o = \Delta n / \Delta n_{or}$$

kde Δn je dvojlom vzorku a Δn_{or} je dvojlom ideálně orientovaného vlákna. Hodnota dvojlomu ideálně orientovaného vlákna je v literatuře /24/ udávána v rozmezí hodnot 0,20 - 0,275.

Stupeň celkové orientace makromolekul ve vláknech, vypočítaný z měření rychlosti šíření zvuku, je dán vztahem podle Moseleyho /50/

$$f_{\alpha} = 1 - \frac{c_n^2}{c^2} \quad (5)$$

kde c_n je rychlost šíření zvuku v neorientovaném vzorku, c je rychlost šíření zvuku v proměřovaném vzorku. Hodnota rychlosti šíření zvuku v neorientovaném vzorku je v literatuře /24/ udávána v rozmezí hodnot $1,30 - 1,63 \text{ km.s}^{-1}$.

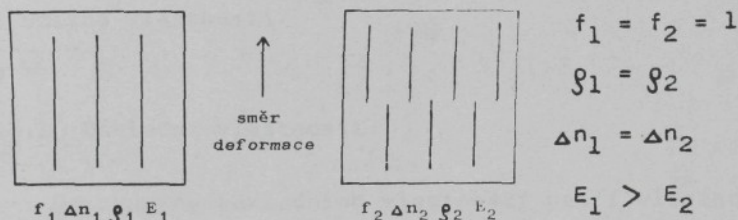
Kombinaci rentgenografických údajů a výsledků z měření dvojlomu, resp. rychlosti šíření zvuku, které umožňují výpočet faktorů průměrné orientace makromolekul f_o , resp. f_{α} lze stanovit stupeň orientace makromolekul v nekrystalických oblastech, charakterizovaný hodnotami faktorů orientace $f_{o,a}$, resp. $f_{\alpha,a}$, podle vztahů

$$f_{o,a} = \frac{f_o - f_c \sqrt{3}}{1 - \sqrt{3}} \quad (6)$$

$$f_{\alpha,a} = \frac{f_{\alpha} - f_c \sqrt{3}}{1 - \sqrt{3}} \quad (7)$$

Dvojlom a rychlost šíření zvuku nejsou metody ekvivalentní. Dvojlom je založen na optické anizotropii molekulárního řetězce a sonická metoda odráží mechanickou anizotropii svazku paralelních řetězců. Dvojlom a rychlost šíření zvuku vedou proto k různým hodnotám celkové orientace.

Obr. 6 Vliv struktury amorfní fáze na dvojlom a sonický modul



Řetězce mají v obou případech stejnou orientaci, avšak modulem i pevností se liší /51/.

2.3 Vlastnosti textilních vláken a metody jejich hodnocení

Zkoumání vlastností vláken je důležité pro hledání korelací s parametry jejich přípravy, struktury, zpracování a používání. Při správně zvolených a vyhodnocených veličinách jsou zjištěné vlastnosti vláken podkladem pro řízení a optimalizaci studovaného procesu.

V současnosti je znám relativně velký počet veličin, pomocí kterých posuzujeme vlastnosti vláken. Jejich volba závisí na více faktorech (např. na vyhodnocení vlivu pozorovaného procesu na chování vláken, na dostupnosti měřicí techniky, na adekvátnosti teoretického odůvodnění, na dostatečné přesnosti a správnosti). Významnost zkoušek se mění podle toho, jestli vlákno posuzuje výrobce nebo zpracovatel či uživatel.

Hlediska hodnocení vlastností vláken se dělí do tří skupin /30/:

1. Základní vlastnosti
2. Zpracovatelské vlastnosti
3. Užité vlastnosti

2.3.1 Základní vlastnosti

Do skupiny základních vlastností patří vlastnosti charakterizující stav vláken s ohledem na jejich geometrii, fyziologii a chování vlivem vnějších mechanických a fyzikálních sil, případně chemických činidel.

2.3.1.1 Geometrické vlastnosti

Délka vláken

Vlákna se používají v textilním průmyslu ve formě nekonečných vláken (kabel, hedvábí), krátká vlákna se označují jako stříž.

- Stříž se dělí na - bavlnářskou (délka do 60 mm)
- vlnářskou (délka 60 - 110 mm)
- kobercářskou (délka větší než 90 mm)

Délka vláken má vliv na zpracování stříží. Kratší vlákna odpadnou při procesu (např. česání) jako odpad, dlouhá vlákna se trhají (např. při protahování se namáhají větší silou) a jsou příčinou vad v přízi. Metody měření délky vláken jsou popsány v literatuře /46, 52/.

Jemnost vláken

Podobně jako rozlišujeme chemická vlákna podle délky

na několik typů, platí to i o jemnostech.

Každé vlákno určitého typu má i odpovídající jemnost:

B - typ (bavlnářský)	1,0 - 2,8 dtex
V - typ (vlnařský)	3,0 - 5,5 dtex
T - typ (kobercůřský a jutařský)	5,5 - 20,0 dtex

Rovnoměrnost jemnosti je veličina, která charakterizuje odchylky jednotlivých parametrů technologie výroby vláken a je ovlivňována kolísáním řady technologických parametrů při zvlákňování, dloužení a fixaci.

Funkci rovnoměrnosti vlákna je difúze a sorpce a s tím souvisí nerovnoměrnost zušlechťování, pruhovitost zbarvení /30, 53/.

Jemnost vláken ovlivňuje i některé další faktory při zpracování, jako je např. soudržnost, má rovněž vliv na kvalitu příze /54/. Zjistilo se, že vztahy mezi jemností a délkou vláken platné pro přstencové předení jsou při rotorovém předení jiné (pro rotorové předení jsou výhodnější jemnější a kratší vlákna /55/).

Dopad jemnosti vláken je možno vidět i ve vlastnostech výrobků, v odolnosti proti pomačkání a žmolkování. Jemnost použitých vláken má rovněž vliv na omak textilií (jemnější vlákna dávají měkčí omak) /1/.

Metody měření jemnosti vláken jsou popsány v literatuře /30, 52, 56/.

Povrch vláken

Tvar a velikost povrchu jsou dalšími rozhodujícími parametry mechanických a fyzikálně chemických procesů zpracování vláken.

Syntetická vlákna mají povrch hladký. Hladkost povrchu se však mění přidáním různých aditiv nebo pigmentů do vláken nebo při výrobě profilovaných a tvarovaných vláken. Změny členitosti povrchu způsobené tvarem průřezu mají vliv

na mnoho vlastností vláken (např. objemovost, mechanické a fyzikální vlastnosti, lesk vláken).

Tvar povrchu vláken se nejvíce mění vlivem tvarování. Každý ze způsobu tvarování má specifický vliv na povrch vlákna, jeho obloučkovitost, tvar a počet obloučků.

Metody vhodné na hodnocení povrchu vláken jsou založené na použití světelné a elektronové mikroskopie /30, 57/. Mikroskopicky je možné pozorovat vliv textilního zpracování na změnu hladkosti nebo drsnosti povrchu a tvaru příčného řezu /30/.

Postupnými textilními operacemi se zvyšuje hladkost povrchu vláken (především odstraněním nebo deformováním povrchových aglomerátů TiO_2). Deformace tvaru průřezu vláken se uskutečňuje převážně v procesech s uplatněním tlaku a tahu. Může se také narušit povrch (např. mykáním, česáním) nebo dojít ke změně tvarování - tvarovaná vlákna se částečně narovnají. Povrch vlákna a interakce jednotlivých vláken určitým způsobem charakterizují metody měření síly torze nebo tření /58, 59, 60/.

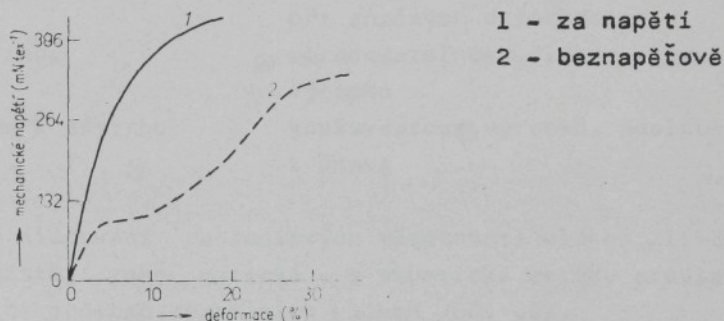
2.3.1.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti vyjadřují obecně odezvu vláken na vnější síly a deformace. Patří mezi základní charakteristiky, které rozhodují o vhodnosti vláken pro textilní aplikace. Ovlivňují jak průběh textilního zpracování, tak i značnou část užitných vlastností textilních výrobků. Proto je měření a hodnocení mechanických vlastností textilních vláken věnována celá řada prací /1, 30, 52, 57, 61, 62/.

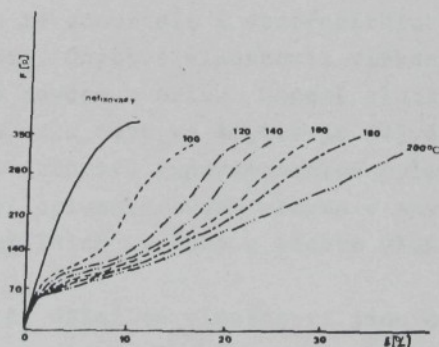
Pro charakterizaci mechanického chování vláken se téměř výhradně používají informace z pracovních křivek, tj. závislosti napětí σ (resp. zatižení P) na deformaci ε (resp. protažení ℓ) při konstantní rychlosti deformace. Pracovní křivky umožňují stanovení základních mechanických charakte-

ristik jako je pevnost, tažnost, deformační práce, počáteční modul /63, 64/. Navíc indikují, zda jde o vlákna tepelně nezpracovaná, resp. fixovaná ve volném stavu /1/. Jsou také funkcí podmínek měření (vliv relativní vlhkosti vzduchu, teploty prostředí, vliv jemnosti a délky vláken) /30/.

Obr. 7 Pracovní křivky PES vláken fixovaných při teplotě 160°C po dobu 1 min



Obr. 8 Pracovní křivky PES vláken v závislosti na teplotě fixace (bez napětí)



Parametry pracovní křivky vláken souvisejí s vlastnostmi textilního materiálu následujícím způsobem /57/:

<u>Parametr</u>	<u>Vlastnost výrobku</u>
modul pružnosti	splývavost, omak
mez kluzu	mačkovost, elastické chování,
(kluzné napětí, deformace)	tvárová stálost
kluzný modul, zpevňovací	zpevňovací účinnost ve směsích,
modul a jeho posunutí	uvolnění textilních struktur
	při značných deformacích
pevnost v tahu	zpracovatelnost vláken, pevnost
	výrobků
práce nutná k přetrhu	houževnatost výrobků, odolnost
	k únavě

Vedle sledování reologických vlastností vláken /1, 65, 66, 67/ existují také optické a akustické metody studia deformačních procesů textilních vláken /60, 68/.

Vlákna v procesu zpracování nebo používání jsou zřídka namáhána silami blížícími se jejich pevnosti. Častěji dochází k neustálému střídání zatěžování a odlehčování doprovázenému příslušnou relaxací. Působící napětí se mění s časem.

Pro zpracovatele i spotřebitele jsou významné i další vlastnosti. Ohybové vlastnosti vláken částečně vystihují pevnosti ve smyčce a uzlu. Obecně platí, že snížení pevnosti vláken v uzlu nebo ve smyčce je největší u vláken, která mají nižší tažnost. Experimentálně bylo dokázáno, že snížením odolnosti polyesterových vláken v ohybu klesá také žmolkovitost textilních výrobků z těchto vláken /57/.

Další důležité vlastnosti jsou odolnost v oděru a měření úhlu zotavení. Podrobnosti o těchto metodách lze najít v příslušných normách a v literatuře /52, 69/.

2.3.1.3 Fyzikální vlastnosti

Při zpracování a zušlechťování textilních vláken má důležitou úlohu sorpce vlhkosti. Sorpci vlhkosti polyesterových vláken se zabývají práce /70, 71, 72/. Pro modifikovaná i nemodifikovaná polyesterová vlákna platí, že rovnovážná vlhkost roste se snižující se teplotou prostředí a s rostoucí relativní vlhkostí prostředí. V práci /73/ je popsán vliv relativní vlhkosti vzduchu na mechanické vlastnosti vláken.

Tepelné vlastnosti jsou v mnoha případech rozhodující pro volbu vhodných parametrů zpracování nebo používání vláken. Mezi základní termické charakteristiky patří teplota skelného přechodu, teplota tání, efektivní teplota fixace a rozměrová stálost při zvýšených teplotách (srážecí síla a velikost smrštění) /1/.

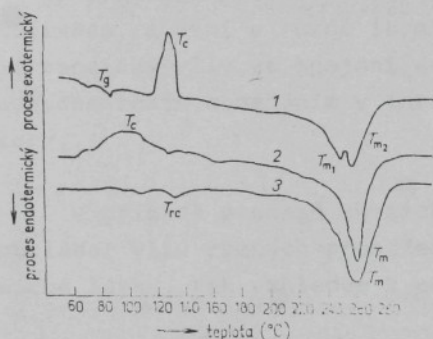
K hodnocení termických vlastností se používají v posledních letech metody termické analýzy /38, 41, 57, 74/. Nejdůležitějšími metodami jsou diferenciální termická analýza (DTA, resp. DSC) a termická mechanická analýza (TMA).

Za vyšší teploty na vzduchu nebo ve vodě dochází ke srážení vláken. Řízeného srážení se využívá při výrobě objemovaných textilií. U hotových výrobků je však srážení nežádoucí.

Ze sráživosti vláken se obvykle usuzuje i na sráživost textilií. Je však třeba brát v úvahu i strukturu nadvlákenných útvarů a její vliv na rozměrové změny. Podrobněji se otázkami srážení a rozměrové stabilizace textilií zabývá práce /26/.

Obr. 9 Typický průběh křivky ohřevu (DSC) PES vláken:

- 1 - amorfních neorientovaných
- 2 - amorfních orientovaných
- 3 - orientovaných fixovaných (semikrystalických)



T_g - teplota skelného přechodu
 T_c - teplota maximální rychlosti studené krystalizace

T_{rc} - teplota počátku rekrytalizace ve fixovaném vlákne (efektivní teplota fixace)

T_m, T_{m1}, T_{m2} - teploty tání

K eliminaci nadměrného srážení textilií s obsahem syntetických vláken se používá fixace. Mechanismem srážení vláken a metodami měření se zabývá práce /75/, sráživým chováním se zabývá práce /76/.

Pro stanovení sráživosti vláken, přízí i textilií existuje celá řada variant měření délkových změn po smrštění za definovaných podmínek /52, 77/.

2.3.2 Zpracovatelské vlastnosti

Do této skupiny se zařazují vlastnosti vláken, kterými je možné charakterizovat chování vláken v jednotlivých procesech zpracování až do hotového výrobku. Jedná se o procesy mechanického, fyzikálního a chemického zpracování.

V případě procesu mechanického zpracování je třeba uvažovat o vlivu mechanických sil různého směru a velikosti, které zapříčiňují všechny druhy deformace (v tahu, smyku, torzi, tlaku) a jejich vzájemné kombinace.

Fyzikální procesy zpracování, jako jsou objemování, termofixace, sušení a různé termické úpravy, zahrnují nejčastěji termický vliv ve spojení se sorpčními a difúzními procesy, s mechanickým namáháním v interakci s některými jinými faktory.

V případě procesů chemického zpracování je možné předpokládat vliv různých prostředí jak vzhledem na různé chemické látky, tak vzhledem k pH, teplotě a době působení.

V mnohých případech přípravy určitého výrobku je třeba uvažovat o současném nebo následném vlivu faktorů mechanického a chemického zpracování. Rozhodujícím požadavkem je, aby se vlákna při uvedených podmínkách dala zpracovat tak, aby se získal vyžadovaný efekt zpracování, ale základní vlastnosti vlákna zůstaly zachovány nebo se změnily co nejméně. Toho lze dosáhnout buď vhodnou volbou podmínek zpracování nebo vhodnou volbou základních vlastností vláken. Musí však být známy vztahy, které popisují závislost mezi základními vlastnostmi, parametry přípravy určitého výrobku a jeho vyžadovanými vlastnostmi. Na základě poznání těchto vztahů je možné určit optimální základní vlastnosti a optimální parametry přípravy daného výrobku. Všeobecně platný vztah popisující uvedené závislosti zatím neexistuje. Jsou však pokusy řešení těchto závislostí v některých parciálních otázkách /30/.

2.3.3 Užité vlastnosti

Užite vlastnosti jsou projevem konečné textilie. Souvisejí buď bezprostředně s vlastnostmi vláken (např. stálostí na světle, termické vlastnosti, sklon ke vzniku elektrostatického náboje) nebo závisí na více vlastnostech vláken a na konstrukci nadvlákenných útvarů (např. pevnost, zotavovací schopnosti, snadnost údržby). Vlivem modifikace se některé vlastnosti zlepšují.

Mezi nejdůležitější užité vlastnosti patří žmolkovitost, mačkavost, omak a trvanlivost výrobků /1/.

Žmolkovitost

Žmolkování tkanin se projevuje tím, že se na místech vystavených oděru vytvoří smotky povrchových vláken. Jsou patrné pouhým okem, a tak kazí celkový vzhled tkaniny. Pro potlačení žmolkovitosti textilií se používají tyto úpravy:

- zabránění snadnému uvolňování vláken z textilie (zvýšením zákrutů přize, zvýšením hustoty a změnou vazby tkaniny, úpravou geometrických a povrchových vlastností vlákna)
- umožnění odlomení a odpadnutí již vytvořeného žmolku (snížením pevnosti vlákna, snížením ohybové odolnosti vlákna /78/.

Základní teorie vzniku žmolků a metody stanovení žmolkovitosti tkanin jsou uvedeny v práci /79/, simulační model žmolkovacího procesu v práci /80/.

Snižování žmolkovitosti vláken znamená větší či menší snižování pevnosti vláken, a tedy i přizí a zvyšování křehkosti jednotlivých kapilár. U vláken se však projevuje větší prašnost při zpracování, zvýšená mačkavost a pokles trvanlivosti textilního výrobku. Tyto negativní vlastnosti nelze zcela odstranit, protože mají se žmolkovostí společného

jmenovatele. V praxi se musí použít kompromisní cesty /81/. Žmolkování lze ovlivnit také změnou fyzikálních podmínek (dloužení a fixace polyesterových vláken). Vliv těchto podmínek je diskutován v práci /82/. Přehled možností snížení žmolkovitosti se uvádí v práci /83/.

Žmolkovitost je veličina špatně měřitelná. Nejlepší obraz o ní podá vlastní používání textilního výrobku. Chování vláken je však možné předvídat. Metody hodnocení jsou uvedeny v práci /84/. Za účelem předvídaní sklonu tkanin ke žmolkování byl vyvinut nový přístroj na zkoušení oděru vláken ve smyčce. Výsledky zkoušek vykazují podle současných poznatků nejvyšší korelaci se sklonem ke žmolkování textilních výrobků při praktickém použití /85/.

Mačkavost

Mačkavost tkanin je funkcí zotavení vláken a přízí z ohybu. Faktory, které ovlivňují mačkavost, sledovali Prevorsek a kol. /86/. Zjistili, že úhel zotavení tkanin je možné vyjádřit jako součet přírůstků úhlů zotavení vláken a přízí. Oba přírůstky závisejí jak na tření mezi vlákny, tak na tření mezi přízemi.

Metoda měření úhlu zotavení je popsána v /52/.

Každá modifikace, která sníží odolnost v ohybu, se tedy zřejmě projeví i ve zvýšení mačkavosti. Volbou hrubších přízí a vhodné vazby lze úhly zotavení zvýšit. Důležitá je i optimální teplota a doba fixace /1/.

Omak

Polyesterová vlákna se sníženou žmolkovitostí, modifikovaná chemicky nebo fyzikálně, mají v textiliích oproti nemodifikovaným vláknům měkčí a příjemnější omak. Měkkého omaku se rovněž dosáhne snížením přádních a skacích zákrutů, snížením zaplnění tkaniny a vhodnou úpravou. Na omak texti-

lií má vliv také jemnost použitých vláken. Tyto postupy zlepšující omak však vedou ke zvýšení mačkavosti a často i žmolkovitosti /1/.

Trvanlivost

Trvanlivost závisí na podmínkách, kterým jsou vlákna během užívání vystavena.

Na vlákna v plošných textiliích působí:

- Různé mechanické síly, mnohonásobně se opakující, které podle velikosti a směru mohou vést až k přetrhnutí vláken. Tento proces se nazývá únava vláken.
- Klimatické podmínky, jako jsou vliv světla, oxidace, vlhkost, které způsobují fotooxidaci, fotolýzu, degradaci a s tím související změnu vlastností vláken. Označují se pojmem stárnutí vláken.
- Různé vlivy tepla při zvýšených teplotách, které způsobují změnu tvaru vlákna a jeho struktury, termooxidaci, termodegradaci. Jedná se především o termostabilitu vláken.
- Různé chemické látky při používání (čištění, barvení, praní textilií).
- Interakce popsaných vlivů, které mohou podstatně měnit účinky jednotlivých vlivů.

Metody hodnocení užitečných vlastností jsou popsány v literatuře /30, 52, 87/.

2.3.4 Komplexní hodnocení vlastností vláken

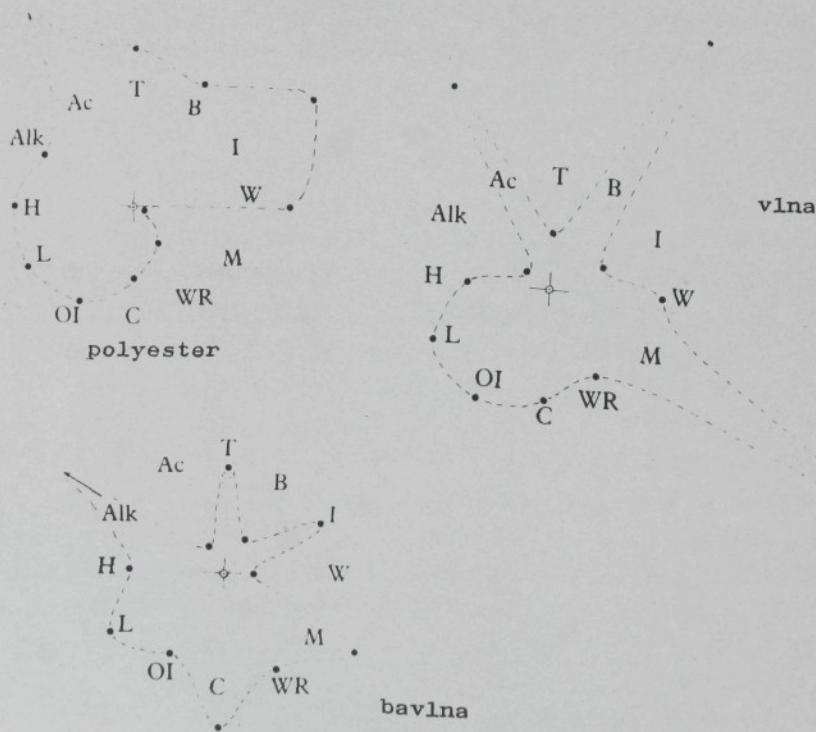
Vlastnosti vláken jsou často posuzovány pouze jednostranně, protože v textiliích se uplatňují komplexně, zejména pokud vyjadřujeme užitečnou hodnotu textilií nebo textilních výrobků. Snahu o zhodnocení komplexních vlastností vyvíjí řada výzkumníků a pracovišť na celém světě.

Jedno grafické řešení představuje práce /88, 89/, kde se pro vyjádření "jakosti" vláken používá tzv. polygon, charakterizující chování daného vlákna s ohledem na zvolené průměrné (ideální) vlákno. Jedná se o dvanáctiúhelník, ve kterém průměrné (ideální) vlákno tvoří pravidelný obrazec.

Pro konkrétní hodnocené vlákno se na jednotlivé osy nanesou (v poměru odpovídajícím průměrnému vláknu) jednotlivé experimentálně zjištěné vlastnosti. Vznikne útvar, který je protažený ve směrech, kde jsou vlastnosti hodnoceného vlákna lepší než vlastnosti průměrného (ideálního) vlákna a zúžený v opačných případech.

Pomocí polygonu lze nejen porovnávat jednotlivá vlákna, ale také stanovovat optimální složení směsi vláknenných surovin.

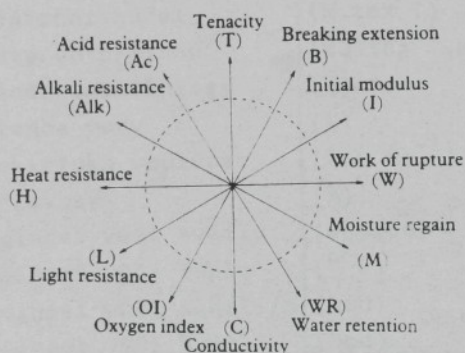
Obr. 10 Polygon polyesterového vlákna, vlny a bavlny



Pro jednotlivá vlákna bylo s ohledem na užité vlastnosti zvoleno dvanáct chemických a fyzikálních parametrů a podle nich byly zvoleny parametry pro průměrné (ideální) vlákno (viz tabulka I).

Obr. 11 Radiální reprezentace parametrů zvolených pro hodnocení vláken

--- polygon průměrného
(ideálního) vlákna



Tabulka I Parametry zvolené pro hodnocení vláken a jejich hodnoty pro průměrné vlákno

Parametr		Jednotka	Hodnota průměrného vlákna
T	pevnost	(N.tex ⁻¹)	0,3
B	deformace při přetrhu	(%)	15
I	počáteční modul	(N.tex ⁻¹)	5
W	práce do přetrhu	(mJ.tex ⁻¹ .m ⁻¹)	40
M	standardní vlhkost	(%)	5
WR	retence vody	(%)	50
C	elektrická vodivost	(log Rs ⁻¹)	0,1
Ol	hořlavost	(%)	21
L	odolnost vůči světlu	(měsíce)	3
H	odolnost vůči teplu	(° C)	120
Alk	odolnost vůči alkáliím	(hod)	2
Ac	odolnost vůči kyselinám	(hod)	2

Poznámka: Odolnosti jsou vyjadřovány při poklesu pevnosti pod 50 %.

2.3.5 Vlastnosti polyesterových vláken

Polyesterová vlákna mají hladký povrch a většinou kruhovitý průřez. Některé typy mají průřez trojlaločný. Vlákná jsou bez matovacího prostředku lesklá, podle hloubky matu se přidává 0,05 - 0,5 % TiO₂.

Mechanické vlastnosti se mohou měnit podle použití, pro které byla vlákna vyrobena. Závisí na strukturních parametrech, jako je molekulová hmotnost, orientace makromolekul a krystalizace polymeru ve vláknech.

Počáteční modul mají polyesterová vlákna největší ze všech běžných vláken. To souvisí s tuhostí makromolekuly a s mezimolekulovými vazbami. Při zpracování vláken nedochází snadno k jejich dodatečnému protažení; vlákna mají také tuhý omak.

Polyesterová vlákna mají rychlé a prakticky úplné zotavení z malých deformací. Zotavení z ohybu, a tedy i nemačkovost, je velmi dobré. Velkou předností je tvarová stálost výrobků po termofixaci. Tuto vlastnost si zachovávají také směsné tkaniny s vyšším obsahem polyesterových vláken. Vlákna mají také velmi dobrou teplotní stálost mechanických vlastností /90/.

Vůči působení chemických činidel (kyselin, redukčních a oxidačních látek, organických rozpouštědel) jsou polyesterová vlákna odolná /52/. Rovněž jsou odolná vůči působení plísni a mikroorganismů, proti působení slunečního záření, proti účinkům povětrnosti /91, 92/.

Polyesterová vlákna jsou velmi kompaktní, s vysokým obsahem krystalického podílu, značně hydrofobní, a tím i obtížně barvitelná. Některé charakteristické negativní rysy vláken se projevují při zušlechťování a v užitných vlastnostech. Jsou to zejména: nízký příjem vlhkosti, vysoká pevnost (působí žmolkování) a obtížná barvitelnost /93/. Tyto nevýhody se odstraňují modifikací. Porovnání vlastností a uplatnění modifikovaných polyesterových vláken tuzemských i zahraničních je uvedeno v literatuře /94/. Práce /95/ se zabývá studiem vlastností polyethylentereftalátových vláken a kopolymerů s kyselinou isoftalovou a sulfoisofthalovou.

2.4 Vztah mezi strukturou a vlastnostmi polyesterových vláken

Struktura vláken je veličina určující jeho výsledné vlastnosti, a to jak mechanické /96/, tak i řadu dalších vlastností. Podle Samuelse /97/ je převrácená hodnota počátečního modulu $1/E_0$ (tzv. tahová poddajnost) nepřímo úměrná orientačnímu faktoru $(1 - \sqrt{3}) \cdot f_a$, kde $(1 - \sqrt{3})$ je obsah amorfni fáze a f_a je střední orientace amorfni fáze. S rostoucí orientací amorfni fáze klesá poddajnost a roste modul vláken. Počáteční modul závisí na orientaci krystalické, resp. amorfni fáze a na krystalickém podílu /98/. S rostoucím modulem klesá protažení na mezi kluzu a úhel zotavení z ohybu, tuhost vlákna však roste. Platnost uvedených závislostí byla prokázána v práci /69/.

Pevnost vláken je velmi komplexní parametr. S růstem uspořádání skladů řetězců v krystalitech se snižuje /99/. Závisí také na distribuci relativních molekulových hmotností a na orientaci molekulárních řetězců /100, 101/. S růstem orientačního faktoru amorfni fáze se u polyesterových vláken temperovaných, resp. fixovaných bez napětí, zvyšuje /98/.

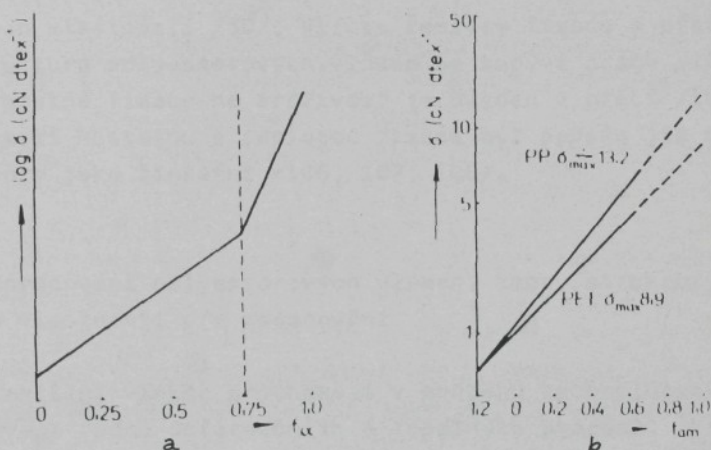
Tažnost vláken je přímo úměrná regularitě skladů řetězců v krystalitech /99/. U polyethylentereftalátových vláken klesá s růstem průměrné orientace vyjádřené dvojlomem /98/.

Struktura nekystalických oblastí je tedy rozhodujícím faktorem, který určuje mechanické vlastnosti. Rozdíly ve struktuře těchto oblastí, především jejich orientace, mají podstatný význam pro zlepšení mechanických vlastností vláken /102/. Dá se předpokládat, že vhodnou strukturou amorfních oblastí je možné získat vlákna požadovaných mechanických vlastností /30/.

Obr. 12 Závislost pevnosti na:

a - průměrné orientaci

b - orientaci amorfních oblastí



Únava vláken se výrazně mění s molekulární i nadmolekulární strukturou vlákna. V případě molekulární struktury mají modifikovaná vlákna menší odolnost vůči cyklickým deformacím než vlákna nemodifikovaná. Z nadmolekulární struktury má významný vliv na únavu vláken orientace nekystalických oblastí /103/.

Struktura vláken má vliv rovněž na sorpci vláken, důležitým faktorem je opět nadmolekulární struktura. Ovlivňuje celkové množství sorpce do té míry, že sorpce vody, jódu i barviv se používá jako jedna z metod sledování nadmolekulární struktury. Všeobecně platí, že se sorpce především uskutečňuje v amorfních oblastech a na povrchu krystalitů /30/.

Na chemickém složení a nadmolekulární struktuře závisí také tepelné vlastnosti. Změny molekulární a nadmolekulární struktury vláken vlivem termického působení jsou roz-

sáhlé, složité a mají podstatný technologický význam a významný vliv na užitkové vlastnosti vláken. Jsou to především termodegradace vláken, změna nadmolekulární struktury, irreversibilní tepelná kontrakce (sráživost), změna mechanických a jiných vlastností /30/. Vlivem teploty fixace a předpětí na strukturu polyesterových vláken se zabývá práce /104/. Vliv tepelné fixace na sráživost je uveden v práci /105/. Vztah mezi hustotou a teplotou fixace byl popsán již mnohými autory jako lineární /106, 107, 108/.

2.5 Zpracování polyesterových vláken, změny struktury a vlastností při zpracování

Textilní vlákna procházejí v průběhu technologického zpracování řadou deformačních a tepelných procesů, které ovlivňují jejich strukturu, a tím i jejich chování.

V průběhu zpracování působí na polyesterová vlákna řada mechanických, tepelných a fyzikálně chemických vlivů, vyplývajících z technologie zpracování (trhání, paření, předení, tkání, fixace atd. /109, 110/. Z hlediska vlivu mechanických sil jde o vlivy tahem, smykem, tlakem nebo třením o různé intenzitě působení. Mechanická technologie zpracování vyvolává u vláken částečné dodlužování a v případě vzniku tepla při tření také částečnou místní přefixaci vláken /30, 111/.

Při použití modifikovaných vláken je třeba respektovat jejich specifické vlastnosti, a to jak při volbě technologie zpracování, tak i při výběru vhodného sortimentu textilií. Z odlišnosti jejich fyzikálně mechanických i chemických vlastností ve srovnání s vlákny nemodifikovanými lze usuzovat na průběh zpracování i na užitné vlastnosti textilií. O textilním zpracování a vlastnostech nemodifikovaných polyesterových vláken pojednává práce /32/, o modifikovaných

polyesterových vlákních práce /1/.

2.5.1 Výroba přízí

O zpracovatelnosti polyesterových vláken a kvalitě příze rozhodují geometrické vlastnosti (jemnost a délka vláken), fyzikálně mechanické vlastnosti (pevnost, tažnost, odolnost v ohybu), povrchové vlastnosti (obloučkovitost, obsah a složení aviváže a s tím spojené koeficienty tření) a technologie předení /1, 112, 113/.

S rostoucí výrobou a zpracováním polyesterových vláken bylo nutno v přádelnách česané příze řešit technologii pro přípravu pramenů nahrazujících česance. Vyrábět česance klasickým způsobem je neekonomické, pokud jde o počet technologických operací. Proto bylo vyvinuto konvertorové předení. V česaných přádelnách se používá pro zpracování polyesterových kabelů obou způsobů konvertorování - řezání a trhání.

Potřebné technologické operace pro výrobu polyesterového česance ve vlnářské přádelně česaných přízí:

<u>klasický způsob:</u>	<u>řezací způsob</u>	<u>trhací způsob</u>
mísení	řezání	trhání
čechrání	1. posukování	paření
mykání	2. posukování	1. posukování
1. posukování	přečesávání	2. posukování
2. posukování	1. posukování	
česání	2. posukování	
1. posukování		
2. posukování		
přečesávání		
1. posukování		
2. posukování		

Z přehledu je zřejmá přednost konvertorového předení a zejména trhacího způsobu, pokud jde o počet potřebných technologických operací pro výrobu polyesterového česance.

Řezací a trhací způsob má ještě řadu technologických a kvantitativních odlišností:

- U trhacího způsobu dochází protažením vláken až do přetrhu ke konformačním změnám makromolekulárního uspořádání, projevujícím se zvýšenou orientací, což vede ke zvýšení pevnosti a snížení tažnosti vláken. Tento nevýhodný jev se odstraňuje pařením, při němž dochází k navrácení konformačního uspořádání makromolekul do původního stavu s rozdíly 5 - 15 %.
- Zúžený tvar konců natrhaných polyesterových vláken vede k podstatně nižší tvorbě noplek.
- Trhací systém zajišťuje vyšší čistotu česance ve srovnání s technologií řezání.
- Trhací pramen má lepší paralelitu vláken, která se projevuje nižší přetrhovostí při dopřádání a celkově vyšší stejnoměrností příze.
- Příze z trhací technologie jsou objemnější, a tím i náchylnější k chlupatosti /114/.

2.5.1.1 Trhání, paření, posukování

Při zpracování polyesterového kabelu na trhacím konvertoru a následném paření dochází ke změnám struktury a fyzikálně mechanických vlastností vláken. Tahová deformace vlákna až do přetrhu a následné paření zasahují do struktury vlákna rozhodujícím způsobem.

Deformace v procesu trhání probíhá především v amorfni fázi. Dochází k orientaci molekul do směru osy vlákna (vzrůst dvojlohu), ke zvýšení pevnosti a sráživosti, snížení tažnosti, jemnosti, k nárůstu rychlosti šíření zvuku.

Snížení obsahu krystalického podílu a vymizení vrcholu teploty rekrytalizace při termické analýze nasvědčují tomu, že byla částečně porušena i určitá část krystalické fáze (snížení hustoty) /115/.

Pokles tažnosti a vzrůst počátečního modulu lze vysvětlit tím, že vlivem trhání při nízkých teplotách dochází k násilnému směřování částí makromolekul do směru osy vlákna bez možnosti nalezení termodynamicky výhodné rovnovážné polohy.

Vliv trhání na vlastnosti vláken popisuje např. /1, 32, 116/. Změny struktury a vlastností polyesterového kabelu při jeho zpracování na trhacím konvertoru sledovali Vaváček a kol. /117/.

Pařením se uvolňuje celkové napětí, způsobené působením jednosměrného silového pole a je umožněno částím makromolekul zaujmout termodynamicky výhodné polohy. Dochází k vysrážení a k vyrovnaní fyzikálně mechanických vlastností (zvýší se krystalický podíl ve vlákne a sníží orientace makromolekul od osy vlákna). Paření neovlivňuje povrch vlákna /118/.

Při posukování nepatrně roste krystalický podíl a snižuje se orientace (snížení rychlosti zvuku a dvojlomu) /109/.

2.5.1.2 Povrchová úprava

Vhodná povrchová úprava je nezbytná pro úspěšné zpracování polyesterových vláken. Každá textilní zpracovatelská technologie vyžaduje speciálně upravené vlákno a každý vlákenný sortiment vyžaduje speciální povrchovou úpravu.

Při výrobě polyesterových vláken se povrchově aktivní látky aplikují dvěma způsoby:

- jako preparace při výrobě nedlouženého vlákna
- při konečné úpravě na dloužicí lince jako aviváž (zajištění požadovaných antistatických a ostatních povrchových vlastností, potřebných pro bezporuchové zpracování střížových vláken a kabelů pro řezací nebo trhací konvertory) /119/.

Povrchově neupravené vlákno nelze textilně zpracovat, a také v přádelnách je dodatečná oprava nebo změna povrchové úpravy vláken vyloučena.

Pro většinu textilních zpracovatelských procesů by povrchová úprava vláken měla mít jednak dostatečnou antistatickou účinnost, jednak zaručovat vhodné třecí vlastnosti.

Na tření má také vliv relativní vlhkost vzduchu. Při vysoké relativní vlhkosti vzduchu dochází k vysokému tření vláken, které může vést až k zastavení zpracovatelského procesu. Rovněž v důsledku nerovnoměrného rozdělení vlhkosti ve vlákenném materiálu se vytváří v místech s vyšší vlhkostí vysoké tření, které má rušivý vliv (např. vznik skupinových přetrhů při zpracování vláken na trhacích konvertorech) /1, 32/.

2.5.1.3 Barvení

Polyesterová vlákna se vyznačují relativně obtížnou barvitelností. Příčinou je lineární pravidelná konstrukce makromolekul, silné intermolekulární interakce, a tím vysoká hustota kohezni energie, malá ohebnost polymerních řetězců a nepřítomnost ionizovaných a jiných skupin, schopných reakce s barvivem. Z toho plyne kompaktní nadmolekulární struktura s vysokým podílem uspořádaných oblastí (vysoký stupeň krystalinity), malá pohyblivost v neuspořádaných oblastech a velmi malá botnavost a navlhavost /1, 32, 93/.

Byly proto vypracovány postupy barvení, které zvyšují nízkou difúzní rychlost barviva do vlákna /32/:

- zvýšení teploty při barvení nad 100°C (tlakové barvení)
- přísada chemikálií k barvicí lázni (přenašeče)
- krátkodobé působení vysoké teploty (termosolový způsob)
- působení nasycené páry při teplotách nad 100°C (Vanysol) /120/
- modifikace polymeru

Vlivem modifikace se téměř vždy zlepšují také sorpční vlastnosti, ať se jedná o modifikaci fyzikální či chemickou (pozměnění nadmolekulární struktury a snížení polymerního stupně, chemické vázání modifikačních komponent do řetězců polymerů nebo jejich pouhé přimísení do polymeru). Cílem chemické modifikace je zavedení reaktivních skupin do molekuly a přerušení pravidelného uspořádání snížením krystalického podílu. Vlivem modifikačních komponent na barvitelnost se zabývá práce /121/.

V průběhu barvení se z vlákna uvolňují oligomery (nízkomolekulární látky, nejčastěji to jsou cyklické trimery). Vyplavování oligomerů se zvětšuje prodlužováním doby barvení, vyšší teplotou, zvýšenou cirkulací barvicí lázně a předfixací materiálu. Rekrystalizované oligomery vypadlé z roztoku při chlazení sedimentují na vlákně. Při dalším zpracování působí potíže (např. prášení při spřádání) /93/. Pro kvalitativní i kvantitativní stanovení oligomerů existuje řada metod, které jsou popsány např. v /122, 123, 124, 125, 126/.

Jakékoliv výkyvy v nestejnoměrnosti struktury vláken vyvolávají odlišnou barvitelnost, a tedy nerovnoměrné vybarvení. Tyto nežádoucí lokální změny mohou být způsobeny nehomogenitou struktury chemických vláken vlivem diskontinuální výroby, množstvím oligomerů vzniklých při výrobě, nestejnoměrným dloužením nebo chybami při dloužení, nestej-

noměrným termickým zpracováním (fixací) /127/.

Proces barvení má také významný vliv na změnu struktury vlákna /128, 129, 130, 131/. Při barvení jsou vyvolány strukturní změny jak účinkem tepla, tak použitým barvivem či přenašečem. V průběhu barvení roste krystalický podíl, což se projeví vzrůstem hustoty vlákna.

2.5.1.4 Předení

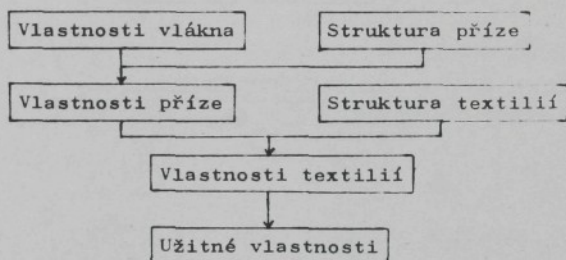
Střížová vlákna jsou v procesu předení namáhána především v tahu, ale také v ohybu. Je patrný růst orientace jako důsledek namáhání v tahu (projevuje se vzrůstem dvojlo-
mu, poklesem tažnosti, vzrůstem smrštění). Roste také podíl trans- oproti gauche- izomeru. Deformace má vliv na zkade-
ření a způsobuje pokles stálosti zkadeření a pokles počtu obloučků.

Na střížová vlákna působí vedle mechanického namáhání také tepelný efekt, který se uplatňuje především u klasického dopřádání a který vzniká dotykem příze se zahřátým běž-
cem. U klasického předení je teplota zahřátí vláken vyšší než 110°C . Vliv tepelného působení se zřetelně projevuje růstem dlouhé periody určené z malouhlové difrakce /132/.

Spřadatelnost je podmíněna kromě konstrukčních vlast-
ností stroje také vlastnostmi vláken (polyesterová vlákna se sníženou žmolkovitostí se projeví nižší pevností příze, vyšší přetrhovostí při zpracování a vyšší prašností), je-
jich délkou, jemností, zkadeřením a povrchovou úpravou (odolnost aviváže vůči odírání, antistatická úprava). Kro-
mě toho jsou při zpracování důležité klimatické podmínky (vlhkost, teplota vzduchu) /1, 132, 134/.

Na vlastnosti příze kromě vlastností vláken má vliv také struktura příze /30/.

Obr. 13 Vztah mezi strukturou a vlastnostmi; vlákno - příze - textilie

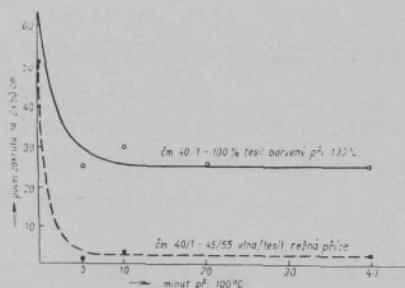


2.5.1.5 Paření příze

Při paření příze nastává vyrovnání vnitřního pnutí a ustálení zákrutů již při teplotě 100°C a ve vroucí vodě. Rozhodujícím faktorem při ustalování příze pařením je kromě teploty také doba paření. Již po 5 minutách se při teplotě 100°C dosáhlo maximálního ustálení /32/.

Příze vykazuje po předení určitý krouticí moment, což je reakce soustavy paralelizovaných vláken na zakroucení při předení. Smyčkovitost je pro většinu textilních operací (např. soukání, snování, tkání) negativní jev, který se projevuje všude tam, kde se vyskytují delší volné úseky s malým napínáním nitě. Potíže vyplývající ze smyčkování platí pro jednoduché i skané příze. Pro uspokojivý průběh celého technologického procesu je proto nutné příze ustalovat.

Obr. 14 Vliv doby paření na ustalování přize



2.5.2 Výroba tkanin

Zpracování přizí s obsahem polyesterových vláken přineslo také do připraven tkalcoven a tkalcoven textilního průmyslu některé nové problémy v porovnání se zpracováním klasických materiálů.

Při zpracování přizí je třeba dodržet zásady platné pro zpracování polyesterových vláken:

- klimatické podmínky (teplota, relativní vlhkost)
- napětí přize musí být nízké a stejnoměrné, nemá překročit 10 % z průměrné pevnosti zpracovávané přize
- šlichtování zabráňuje splétání vláken sousedních nití a snižuje tření na minimum; tkaniny z jemných přizí, s vyšší dostavou a hustší vazbou vyžadují vyšší koncentraci šlichtovacích prostředků /1, 32/.

Výroba tkaniny je provázena snížením krystalického podílu (snížení hustoty) i orientace (dvojlomu). Rovněž se sníží tažnost, nepatrně pevnost a sonický modul /68/.

2.5.3 Zušlechťování

Úprava textilií je souhrnem fyzikálně mechanických a fyzikálně chemických dějů, které mají za účel:

- vyrovnat přechodné nerovnovážné stavy v soustavě vlákno - příze a příze - tkanina
- ustálit polohu molekulárních řetězců i vláken
- dodat tkaninám i jiným textiliím nové účelné vlastnosti vhodné pro spotřebitele

Konečný výsledek úpravy je pak funkcí tlaku, teploty, vlivu prostředí a chemikálií, které mohou mít účinky čistě chemické (přímá reakce se substancí vlákna) nebo jen fyzikální (změny povrchových vlastností vláken).

Úprava tkanin s obsahem polyesterových vláken zahrnuje celou řadu různorodých operací, které mají podstatný vliv na konečné vlastnosti hotových tkanin. Vlnářská úprava tkanin s obsahem polyesterových vláken spočívá po vyloučení operace praní a postřihování v působení vlhkého (krabování, dekatura) nebo suchého tepla (sušení, fixace, lisování) a mechanického tlaku. Zkrácené úpravy mají vliv na praktické nošení (nemačkavost, splývavost, omak).

Vliv jednotlivých operací úpravy se projevil zejména na hodnotách úhlu zotavení, odolnosti v oděru i žmolkování.

Nejdůležitější operací úpravy je fixace (ustalování) tkanin. Účelem fixace je dosažení rozměrové stabilizace textilií při následujícím tepelném namáhání během jejich používání.

Vliv praní, krabování, lisování a dekatování na užité vlastnosti tkanin souvisí s účinkem tepla, vlhkosti a mechanického působení. Mnohé hydrotermické a termické procesy mají příznivý vliv na úhel zotavení a splývavost. Lisování vy-

rovnává povrch tkanin, dochází však při něm ke zvýšení lesku, které je možné eliminovat dekatováním.

Optimálně provedené postřihování a opalování rozhoduje vedle vlastností vláken a jejich geometrie, zákrutů přize a konstrukce textilie (vazba a zaplnění) významnou měrou o sklonu výsledného výrobku ke žmolkování /32/.

Fixace (ustalování)

Fixace je složitý proces, který mění strukturu i vlastnosti textilních materiálů.

Na optimální technologii fixace syntetických materiálů jsou kladeny tyto požadavky /135/:

- docílení požadovaného stupně fixace (stabilizace struktury)
- zajištění požadovaných zpracovatelských a užitných vlastností
- ukončení fixace v co nejkratším čase při optimální teplotě (fixace je po sušení a paření energeticky nejnáročnější operací)

Při výrobě vláken, tvorbě a zušlechťování textilií dochází k tepelně deformačnímu namáhání, což má za následek destabilizaci jejich struktury. Po odstranění vnějších napětí dojde sice k částečné relaxaci, ale vznikne metastabilní stav. Ten není rovnovážný, vlivem vhodných podmínek (teplota, vlhkost) dochází k samovolným změnám tvaru nebo ke vzniku vnitřních napětí (v izometrickém stavu, kdy se textilie nemohou srážet).

Účelem fixace je:

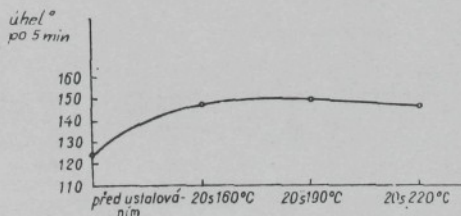
- relaxace vnitřních napětí (docílení rovnovážného stavu)
- stabilizace vláken v polohách, které odpovídají požadovanému tvaru textilie /26/.

Z hlediska účinku tepelné fixace rozeznáváme:

- nedostatečnou fixaci (nedostatečně zafixovaný materiál vykazuje vysokou plošnou sráživost, nízký úhel zotavení, vysokou lomovitost, žmolkovitost a další nedostatky)
- optimální fixaci (pro polyethylentereftalátová vlákna bylo stanoveno optimální předpětí $0,015 - 0,04 \text{ N.tex}^{-1}$, této hodnotě odpovídá předstih 3 - 3,5 %, teplota $160 - 200^{\circ}\text{C}$ a doba fixace 20 s /26/)
- přefixaci (zbytečné prodlužování doby fixace vede ke zvýšení tuhosti textilie, ke zhoršení omaku a k poklesu pevnosti; kromě toho ke zvýšené spotřebě energie) /136/.

Vliv tepelné fixace na sráživost a další vlastnosti je uveden v práci /105/. Fixační teplota má rovněž vliv na mačkavost, žmolkovitost, tuhost a splývavost tkanin /32/. Pro hodnotu úhlu zotavení je rozhodující nejen teplota fixace, ale také konstrukce tkaniny, jejíž vliv může převážet nad vlivem teploty /1/.

Obr. 15 Vliv teploty fixace na úhel zotavení



Z technologického hlediska je důležité kvantitativně definovat dosažený stupeň fixace. Pro vyjádření stupně fixace se používá efektivní teplota fixace (teplota počátku rekrystalizace ve fixovaném vlákne) /1/. Efektivní teplota fixace souvisí lineárně s teplotou fixace a závisí na plošné hmotnosti tkaniny /26, 137/. Každému tepelnému namáhání odpovídá určitá efektivní teplota fixace. Pro zachování výsledků fixace je třeba, aby efektivní teplota dalších tepelných procesů byla nižší než efektivní teplota fixace.

3. Cíl disertační práce

Cílem kandidátské disertační práce bylo sledovat změny struktury a vlastností polyesterových vláken v průběhu jejich textilního zpracování od vlákna přes přízi do hotové tkaniny, a to v závislosti na jejich původní struktuře i vlastnostech.

K hodnocení byly zvoleny čtyři typy komerčně vyráběných polyesterových vláken, které byly voleny tak, abychom mohli posoudit jak vliv chemické modifikace (nemodifikovaný TESIL 12 a modifikovaný TESIL 22), tak vliv fyzikální modifikace vlákna (u obou sortimentů byl hodnocen řezací a trhací kabel).

Změny struktury a vlastností byly posuzovány po těch operacích, které jsou shodné pro obě technologie zpracování (řezací konvertor, trhací konvertor). Podmínky byly ještě standardizovány tím, že byl použit 100% výpřed polyesterového vlákna a příprava přízi i tkanin proběhla za stejných standardních podmínek, i když při praktickém použití těchto vláken se používá odlišných technologických podmínek, neboť vlákna jsou určena pro různá použití.

Aby bylo možné posoudit změny struktury a vlastností co nejkomplexněji, byly při práci použity metody dostupné nejen ve Výzkumném ústavu vlnářském v Brně, ale také i některé další metody používané v k. p. Silon, VÚTZ Dvůr Králové, ÚMCH Praha a ÚZCHV Česká Třebová.

4. Zvolené metody zpracování

4.1 Charakterizace vláken

Pro sledování vlivu výchozí chemické a fyzikální modifikace vláken na změnu struktury a vlastností v průběhu vlnařského způsobu zpracování byly vybrány dva sortimenty vláken.

Vláknó základního typu TESIL 12

- kabel pro řezací konvertor, 4,4 dtex/61 ktex
- kabel pro trhací konvertor, 4,4 dtex/56 ktex

Vláknó chemicky modifikované, se sníženým sklonem ke žmolkování, TESIL 22:

- kabel pro řezací konvertor, 3,6 dtex/61 ktex
- kabel pro trhací konvertor, 3,6 dtex/61 ktex

Oba sortimenty jsou z běžných dodávek výroby k.p.Silon pro vlnařské podniky. Odlišná technologie výroby trhacího a řezacího kabelu se aplikuje teprve při dvouzonálním dloužení v horké vodě (každý sortiment se vyrábí z jednoho nedlouženého vlákna), a to u dvou parametrů: u celkového dloužicího poměru a u teploty fixace za konstantní délky, která probíhá po dloužení.

Tabulka II Hodnoty celkového dloužicího poměru a teplota fixace pro TESIL 12 a 22

Vláknó	Celkový dloužicí poměr	Teplota fixace /° C/
TESIL 12		
- řezací kabel	4,23	115
- trhací kabel	4,46	125
TESIL 22		
- řezací kabel	4,08	115
- trhací kabel	4,44	135

V tabulce III jsou některé vybrané průměrné vlastnosti vyráběných vláken TESIL 12 jemnosti 4,4 dtex a TESIL 22 jemnosti 3,6 dtex /7/.

Tabulka III Vlastnosti vyráběných vláken TESIL 12 a 22
(průměrné hodnoty)

Vlastnosti vláken	TESIL 12		TESIL 22	
	řezací kabel	trhací kabel	řezací kabel	trhací kabel
jmenovitá jemnost/tex/	0,44	0,44	0,36	0,36
dosažená jemnost /tex/	0,44	0,42	0,36	0,34
pevnost /N.tex ⁻¹ /	0,45	0,47	0,35	0,37
tažnost /%/	47	40	45	34
smrštění při 160°C /%/	3,8	4,8	3,0	4,0
odolnost v ohybu/kvyv/	5500	6000	1200	1290
LVČ ⁺ /cm ³ .g ⁻¹ /	68,0		60,0	

⁺ limitní viskozitní číslo bylo stanoveno ve směsi
fenol:tetrachlorethan (1:3) při 30° C

Znaky jakosti a jejich hodnoty pro polyesterové kabely obsahuje podniková norma PND 30-152-82.

4.2 Zpracování vláken

Vlákna obou sortimentů byla zpracována za běžných provozních podmínek stejnou technologií, aby bylo možné sledovat vliv zpracovatelských operací na obě vlákna.

Kabely byly zpracovány obvyklým technologickým postupem do formy pramenů. Řezací kabely na řezacích konvertorech SAVYO v n. p. PČP Nejdek a trhací kabely na trhacích konvertorech SEYDEL v n. p. Merina Trenčín.

Posukované polyesterové prameny byly dále zpracovávány v pokusném závodu Výzkumného ústavu vlnářského v Brně.

Barvení probíhalo v tlakovém barvicím aparátu standardní technologií (teplota 130°C , doba barvení 60 minut) bez barviva (tzv. slepé barvení), které by znemožňovalo měření dvojlomu. Po barvení následovala alkalická redukce a avivování (PERUSTOL ASP PE).

Z pramenů byly vypředeny 4 partie 100 % polyesterových přízí o jemnosti 25 tex, Z 500, podle následujícího technologického postupu:

- 1 posuk (TEXTIMA 1629)
- 4 pasáže přípravná (TEXTIMA 1625 a 1629 a FINISER NSC FM 1)
- dopřádání (prstencový dopřádací stroj TEXTIMA 2111 K)

Zpracovatelnost nebyla u všech partií stejná, zvláště u později zpracovávaných partií docházelo k častým nábalům. Vlákna však byla zpracovatelná po zvýšení relativní vlhkosti okolí. Hodnoty přetrhovosti odpovídaly běžné praxi.

Příze byly pařeny před i po skaní (prstencové skaní, skané příze 25 x 2 tex, S 510) ve dvou cyklech po 20 minutách podtlakovým pařením při 105°C .

Ze 100% polyesterových přízí byly vyrobeny na tkacím stroji STB standardní tkaniny. Průběh zpracování ve tkalcovně probíhal následovně:

- osnova byla hlazena OLINOREM KW 79
- tkaniny byly odetkány na stavu STB 1 bez problémů, příze vykazovaly dobrou pevnost pro tkaní
- bylo vyrobeno 9 desénů pánské oblekové šatovky

Tabulka IV Základní konstrukční parametry tkanin

Desén	Zaplnění (%)	Vazba	Dostava	Sortiment
202569	62	kepr 2/2 (cirkas)	o 26,2 ú 21,6	TESIL 12 (řezací kabel)
202570	"	"	"	TESIL 12 (trhací kabel)
202571	"	"	"	TESIL 22 (trhací kabel)
202572	"	"	"	TESIL 22 (řezací kabel)
202576	65	"	o 27,2 ú 22,2	TESIL 12 (trhací kabel)
202577	62	plátno	o 19,7 ú 17,0	TESIL 12 (řezací kabel)
202578	"	"	"	TESIL 12 (trhací kabel)
202579	"	"	"	TESIL 22 (trhací kabel)
202580	"	"	"	TESIL 22 (řezací kabel)

o - osnova

ú - útek

Varianty tkanin byly úmyslně voleny s nižším zaplněním, které je pro tkaniny s obsahem modifikovaných polyesterových vláken doporučováno (z hlediska odolnosti proti žmolkování).

Všechny desény prošly jednotnou úpravou, aby se projevil rozdíl mezi jednotlivými sortimenty.

Postup úpravy:

- praní v plné šíři 15 minut, při teplotě 40° C, v lázni 1 g.l⁻¹ SLOVAFOLU X a 0,5 g.l⁻¹ sody
- odvodňování na fulardu
- sušení ve fixačním rámu TOTEX při 130° C, s délkovým předstihem 4 %
- fixace ve fixačním rámu ARTOS 45 při nastavené teplotě 180° C, délkový předstih 4 %, šíře 160 cm
- sešívání do hadice
- praní v hadici na pracím a valchovacím stroji KOVAL při teplotě 40° C, 40 minut, v lázni 3 g.l⁻¹ SLOVAFOLU X

a 1 g.l^{-1} sody

- převedení na plnou šíři
- sušení ve fixačním rámu TOTEX při 130°C , s délkovým předstihem 4 %
- nopování
- propařování na pařicím stole, rychlost 5 m/min
- postřihování na stroji TEXTIMA, 4krát po lici, 2krát po rubu
- dekatování finiš (zakončovací) s režimem 4 min propařování, 3 min chlazení - odsávání

Odběr vzorků

Vzorky jednotlivých sortimentů byly odebírány po těch vybraných zpracovatelských operacích, které byly společné pro oba způsoby zpracování a u kterých byl předpokládán vliv na strukturu nebo vlastnosti vláken (viz tabulka V a).

Pro stanovení speciálních vlastností (povrchové oligomery, délka vláken, obloučkové charakteristiky) byly odebírány ještě další vzorky (viz tabulka V b).

Tabulka V Přehled odebraných vzorků a jejich označení
v textu

Vzorky odebrané po zpracovatelské operaci	Značení vzorků v textu
a) základní vzorky	
kabel	K
posukovaný pramen	PoP
barvený pramen	BP
nepařená příze	NP
pařená příze	PaP
režná tkanina	RT
upravená tkanina	UT
b) doplňkové vzorky	
přást	P
řezanec	Ř
nepařený trhanec	NT
pařený trhanec	PT

4.3 Použité metody hodnocení

K hodnocení struktury a vlastností byly použity standardní metody, které se používají ve Výzkumném ústavu vlnářském v Brně nebo které byly kapacitně dosažitelné v k. p. Silon, VÚTZ Dvůr Králové, ÚZCHV Česká Třebová a ÚMCH Praha.

4.3.1 Metody hodnocení struktury vláken

Hustota dle PN 251-10-80 (VÚV Brno)

Měření hustoty bylo prováděno v hustotní gradientové koloně s gradientem $1362 - 1430 \text{ kg.m}^{-3}$. Náplň kolony tvoři-

la směs xylenu a tetrachlorethylenu. Podrobný popis kolony je uveden v práci /24/.

U každého vzorku bylo prováděno vždy 10 měření a vypočítána průměrná hodnota. Přesnost stanovení této metody se uvádí $\pm 0,5 \text{ kg.m}^{-3}$ (s 95% spolehlivostí).

Krystalický podíl byl vypočítán z naměřených hustot podle vztahu (1). Pro hustotu ideálně amorfního neorientovaného polymeru byla použita hodnota $\rho_a = 1335 \text{ kg.m}^{-3}$ a pro hustotu zcela krystalického polymeru hodnota $\rho_c = 1455 \text{ kg.m}^{-3}$ /24/.

Dvojlom (metoda zavedená v k. p. Silon)

Dvojlom byl stanoven pomocí polarizačního mikroskopu MEOPTA s Berekovým kompenzátorem. Bylo použito monochromatické světlo sodíkové lampy (589 nm). Podrobný popis metody je uveden v /138/.

Výsledná hodnota dvojlomu vzorku byla vypočítána jako průměrné hodnota z 10 měřených vláken. Přesnost stanovení této metody se uvádí $\pm 5,7 \cdot 10^{-3}$.

Podle vztahu (4) byl vypočítán orientační faktor f_o . Pro dvojlom ideálně orientovaného polymeru byla použita hodnota $\Delta n_{or} = 0,275$ /24/.

Orientace krystalické fáze pomocí rtg. difrakce (metoda zavedená v k. p. Silon)

Širokoúhlá rentgenová difrakce byla provedena na rtg. přístroji MIKROMETA. Popis metody je uveden v /139/. Svazek vláken o délce 40 mm a průměru 0,5 mm byl napnut do speciálního stolku a exponován s Ni filtrem při 30 kV a 20 mA. Doba expozice pro standardní podmínky je 3 hodiny.

Vyhodnocování difraktogramů bylo provedeno na denzitometru ZEISS. Pro polyesterová vlákna se fotometrují reflexe (010) a (100) a vypočítají se hodnoty $\langle \sin^2 \Phi_{(010)} \rangle$ a $\langle \sin^2 \Phi_{(100)} \rangle$. Podle Hermanova vztahu se počítá orientace krystalické fáze

$$f_c = 1 - \frac{3}{2}(0,976 \langle \sin^2 \Phi_{(010)} \rangle + 0,949 \langle \sin^2 \Phi_{(100)} \rangle) \quad (8)$$

Orientační faktor amorfni fáze f_a byl vypočítán podle vztahu (3) použitím výsledků f_c , dvojlomu a krystalického podílu.

Poznámka: Paralelní uložení vláken v držáku je důležitý předpoklad, který však nelze zajistit u kadeřených vláken. Z tohoto důvodu se provádí stanovení orientace krystalické fáze jen u nekadeřených vzorků. V této práci proto nebyla provedena rtg. difrakce u vláken z tkanin.

Rychlost šíření zvuku dle PN 251-9-80 (ÚMCH Praha)

Rychlost šíření zvuku ve vláknech byla měřena na přístroji DYNAMIC MODULUS TESTER PPM-5R. Pro měření krátkých střížových vláken byl použit adapter vyvinutý ve VÚV. Podrobný popis metody je uveden v /24/. Dle doporučení z práce /24/ bylo použito předpětí 700 mg.

U každého vzorku bylo měřeno vždy 10 vláken a vypočítána průměrná hodnota. Přesnost stanovení se uvádí $\pm 0,032 \text{ km.s}^{-1}$. Výsledky byly použity pro výpočet sonického modulu vláken podle vztahu

$$E = \rho \cdot c^2 \quad (9)$$

kde ρ je hustota vzorku a c je rychlost šíření zvuku ve vzorku. Orientační faktor f_α byl vypočítán podle vztahu (5). Pro rychlost šíření zvuku u zcela neorientovaného vlákna byla použita hodnota $c_n \approx 1,39 \text{ km.s}^{-1}$ /24/.

4.3.2 Metody hodnocení vlastností vláken

4.3.2.1 Geometrické vlastnosti

Délková hmotnost vláken (metoda zavedená ve VÚV)

Stanovení jemnosti bylo provedeno na přístroji VIBRO-SKOP firmy ZWEIGLE s digitálním výstupem. Předpětí bylo používáno podle tloušťky vláken 300 a 200 mg. U každého vzorku bylo provedeno 50 měření a byl vypočítán aritmetický průměr.

Délka vláken dle ON 80 0205 (ÚZCHV Česká Třebová)

Délka vláken byla stanovena na elektronickém měřicím přístroji ALMETR. Analogový počítač přístroje vyhodnocuje charakteristické hodnoty délek vláken, které je možno přímo odečítat. Jsou to: průměrná délka vláken v mm dle četnosti H (Hauter), průměrná délka vláken v mm dle hmotnosti B (Barbe), variační koeficienty četnostního a hmotnostního staplu, procenta vláken přesahující uvedenou délku, procento vláken dle četnosti kratších.

U každého vzorku se provádějí 2 zkoušky a počítá se aritmetický průměr.

Ukazatelé zkadeření chemických střížových vláken dle ČSN 80 0202 (VÚV a k. p. Silon)

Měření byla provedena na přístroji STATEX. Byl stanoven počet obloučků (50 měření u každého vzorku), stálost a stupeň zkadeření (25 měření u každého vzorku). Z jednotlivých měření byl vypočítán aritmetický průměr.

4.3.2.2 Mechanické vlastnosti

Pracovní křivky vláken (metoda zavedená ve VÚTZ Dvůr Králové)

Stanovení se provádí na dynamometru INSTRON TM-SM s připojenou číslicovou ústřednou SOLATRON. Zpracování dat se realizuje na počítači HP 9825 vybaveným souřadnicovým zapisovačem pro kreslení křivek. U každého vzorku se provádí 30 měření; upínací délka je 10 mm, deformační rychlost $0,01 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, krok protažení 0,5 %, frekvence snímání 200 min^{-1} .

Z výsledné průměrné pracovní křivky byla odečtena průměrná hodnota pevnosti při přetržení (z ní vypočítána relativní pevnost), tažnost, deformační práce a moduly 1. derivace pracovní křivky. U pevnosti a tažnosti byly vypočítány variační koeficienty.

Popis metody je uveden v /139/.

Úhel zotavení vlákna z ohybu dle PNJ 251-02-83 (VÚV)

Princip zkoušky spočívá v působení zatižení $0,015 \text{ N}$ na svazek vláken po dobu 30 minut. Po odstranění zatižení se na stupnici úhломěru odečte po 30 minutách úhel zotavení.

U každého vzorku bylo měřeno 10 svazků po 20 vláknech a výsledný úhel zotavení se počítal jako aritmetický průměr. Pro TESIL 12 byla použita planžeta 0,20 mm a pro TESIL 22 0,17 mm.

U této metody je uvedena relativní chyba 4 % (s 95 % spolehlivostí).

Odolnost vláken proti oděru ve smyčce dle PN 251-04-84 (VÚV)

Metoda spočívá na oděru vlákna o vlákno. U každého vzorku se provádějí 2 zkoušky po 25 vláknech (předpětí

na vláknech se volí podle jemnosti tak, aby na jedno vlákno působilo zatížení 7 mN.tex^{-1} a na druhé vlákno zatížení 15 mN.tex^{-1}) a zabudovaná počítačící jednotka provádí statistické vyhodnocování - výpočet průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, variačního koeficientu, přesnosti průměru, polovičního konfidenčního intervalu (s 95 % spolehlivosti) a potřebného počtu hodnot pro 95% spolehlivost (pokud převyšuje 50 měření, je třeba zkoušku opakovat).

Odolnost v ohybu na přístroji TEXLOM dle PN 251-4-77 (k. p. Silon)

Tato metoda byla použita pro srovnání s metodou oděru vláken ve smyčce. Princip metody spočívá v ohybu vláken se zavěšeným předpětím 1 g přes ocelový drát o průměru 40 μm . U každého vzorku se měří počet kyvů (až do přetržení) u 30 vláken a počítá se aritmetický průměr. Z výsledků jednotlivých měření byla vypočítána relativní odolnost v ohybu (podíl počtu kyvů a jemnosti).

4.3.2.3 Fyzikálně chemické vlastnosti

Změna délky polyesterových střížových vláken dle PN 251-3-77 (VÚV)

Změna délky byla stanovena působením horkého vzduchu 160°C po dobu 10 minut. U všech vzorků bylo používáno předpětí 5,1 g. Pro každý vzorek bylo měřeno 20 svazků po 50 vláknech a počítán aritmetický průměr.

Teplota rekrystalizace a teplota tání (metoda zavedená v k. p. Silon)

Termická analýza byla prováděna na diferenciálním snímacím kalorimetru DSC-1B firmy Perkin-Elmer. Popis metody

je uveden v /140/. Navážka vzorku činila 10 mg, rychlost ohřevu byla 16 K.min^{-1} .

U každého vzorku byla provedena 2 měření a z nich byl vypočítán aritmetický průměr. Přesnost stanovení pro teplotu rekrystalizace se uvádí $\pm 1,2^\circ \text{C}$ a pro teplotu tání $\pm 2^\circ \text{C}$ (s 95 % spolehlivostí) /140/.

Limitní viskozitní číslo dle PND 30-098-68 (k. p. Silon)

Hodnoty limitního viskozitního čísla byly stanoveny ve směsném rozpouštědle fenol-tetrachlorethan 1:3 při 30°C za použití Ubbelohdeho viskozimetru č. 3. Navážka jednoho vzorku činila 0,25 g. LVČ bylo stanoveno jako průměr ze 2 měření u každého vzorku.

Povrchové oligomery (metoda zavedená v k. p. Silon)

Obsah povrchových oligomerů se stanovuje fotometricky v UV oblasti ($\lambda_1 = 242 \text{ nm}$) po extrakci methanolem v Soxhletově přístroji. Navážka jednoho vzorku činí 1 g. U každého vzorku se provádí 3 měření a počítá se průměr.

Podrobný popis metody je uveden v /141, 142/.

Poznámka: Pro kvalitativní zjištění přítomnosti povrchových oligomerů byla použita řádkovací elektronová mikroskopie ve VÚV. Jedná se o japonský přístroj firmy JEOL, typ JSM-35; bylo použito zvětšení 300krát.

4.3.3 Metody hodnocení přizí a tkanin

Hodnocení přizí a tkanin bylo prováděno v mechanické zkušebně VÚV jako další doplňkové testy, které podávají širší obraz o vlastnostech vláken v rámci jejich praktického použití pro přize a tkaniny. Byly použity standardní postupy dle platných norem, a to:

- a) příze - délková hmotnost dle ČSN 80 0702, pevnost a tažnost dle ČSN 80 0700, zákruty dle ČSN 80 0701, nestejnomyšnost hmotného průřezu (USTER) dle ČSN 80 0706
- b) tkaniny - pevnost v tahu a tažnost dle ČSN 80 0812, odolnost proti pomačkání dle ČSN 80 0819, odolnost proti žmolkování dle ČSN 80 0838, odolnost proti posuvu nití ve švu dle ČSN 80 0842, plošná hmotnost (informativní) dle ČSN 80 0845, tloušťka dle ČSN 80 0844, dostava dle ČSN 80 0814, nemačkavost AKU dle ON 80 0871, vzhled textilií po opakovaném praní dle ČSN 80 0858, deformace vyboulením dle ON 80 0849, oděr na acceleratoru dle ČSN 80 0816.

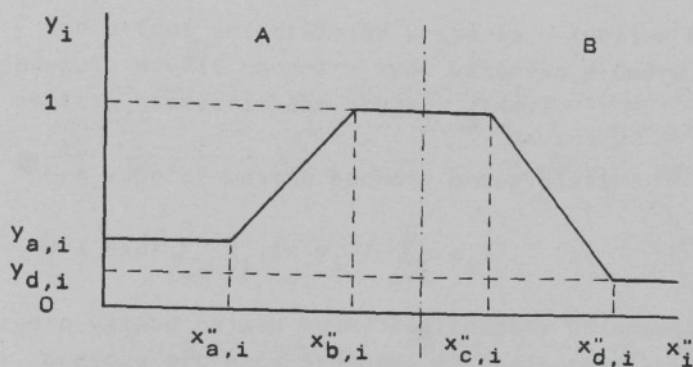
4.4 Parametrické hodnocení tkanin

Systém komplexního hodnocení kvality textilií byl navržen pracovníky SVÚT Liberec /143/.

Užitná hodnota plošné textilie (U) je definována jako předpokládaná vlastnost dané textilie vyvolávající u průměrného spotřebitele sumární vjem, ekvivalentní působení všech normovaných určujících vlastností (y_i) stanovených podle účelu a způsobu použití, působících s významností (c_i) a s mírou přísnosti celkového posuzování (k). Vyjadřuje tedy předpoklad míry uspokojení spotřebitele daným výrobkem.

Výpočet normovaných určujících vlastností plošné textilie (y_i) se provádí z reálných hodnot určujících vlastností, dosažených u hodnoceného výrobku, transformací.

Obr. 16 Schodová (preferenční) funkce



Schodová (preferenční) funkce představuje typický průběh závislosti normované určující vlastnosti na hodnotě určující vlastnosti, kde $x''_{a,i}$, $x''_{b,i}$, $x''_{c,i}$, $x''_{d,i}$ představují meze transformace pro určující vlastnost x_i a $y_{a,i}$, $y_{d,i}$ a $y = 1$ odpovídající meze pro normovanou určující vlastnost y_i . Souřadnice transformace $x''_{a,i}$, $y_{a,i}$ představují pak obecně dolní mez použitelnosti výrobku z hlediska vlastnosti x_i , souřadnice $x''_{b,i}$, $y = 1$, resp. $x''_{c,i}$, $y = 1$ interval optimálních hodnot a souřadnice $x''_{d,i}$, $y_{d,i}$ horní mez použitelnosti. Tento typ transformace platí pro určující vlastnosti dosahující oboustranně omezeného optima (např. tepelná propustnost textilií); pro určující vlastnosti, kde optimum je omezeno jen jednostranně, platí podle smyslu buď samotná část A (např. pevnost textilie) nebo část B (např. sráživost textilie).

Meze určujících vlastností a normovaných určujících vlastností byly stanoveny na základě platných norem a tabulovány pro jednotlivé sortimentní skupiny plošných textilií.

Stupeň významnosti jednotlivých znaků jakosti se běžně vyjadřuje pomocí váhových koeficientů (c_i), které se normují

tak, aby $\sum_{i=1}^n c_i = 1$.

Pro určení integrálního kritéria U (užitná hodnota) se doporučuje použít vhodného typu váženého průměru. Výhodné je použití geometrického průměru /144/.

Pro výpočet užitné hodnoty potom platí

$$U = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot \ln y_i}{\sum_{i=1}^n c_i}\right) \quad (10)$$

V tomto vztahu nejsou udány koeficienty přístnosti posuzování (k), protože pro naše srovnání ztrácejí smysl.

4.5 Statistické zpracování výsledků měření

Matematicko-statistické metody se používají pro objektivní posouzení naměřených hodnot. Základní matematicko-statistické metody jsou zahrnuty v ČSN 01 0250, 01 0252 a 01 0253 - Statistické metody v průmyslové praxi.

U náhodných výběrů jednotlivých experimentálních měření byly stanoveny základní výběrové charakteristiky: výběrový průměr, výběrová směrodatná odchylka, výběrový variační koeficient. Rovněž byl stanoven oboustranný konfidenční interval pro střední hodnotu základního souboru při požadované 95% pravděpodobnosti ($\alpha = 0,05$).

Velmi důležitá je testace vybočujících měření. Testace byly prováděny podle ČSN 01 0222 - Testy odlehlosti výsledků pozorování.

Za předpokladu normálního rozdělení náhodných výběrů byly prováděny základní testy hypotéz - F test shody rozptylů a na jeho základě t test shody průměrů - při zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$. F test využívá Fisher-Snedecorova

rozdělení, t test rozdělení Studentova (ČSN 01 0250).

Těsnost závislosti mezi dvěma proměnnými byla vyjádřena výběrovým korelačním koeficientem (ČSN 01 0252). Zároveň byl proveden test na 5% hladině významnosti ($\alpha = 0,05$), zda vypočítaný korelační koeficient je výsledkem existující závislosti mezi šetřenými veličinami (byl vypočítán tzv. kritický koeficient korelace a porovnán s vypočítaným). U lineární závislosti byla použita tzv. lineární regrese a byly vypočítány příslušné regresní koeficienty přímky (ČSN 01 0252).

5. Dosažené výsledky

5.1 Hodnocení struktury vláken

Hodnoty strukturních parametrů vzorků polyesterových vláken TESIL 12 a 22 jsou obsaženy v tabulkách VI - VIII (viz příloha).

5.1.1 Hustota a krystalický podíl

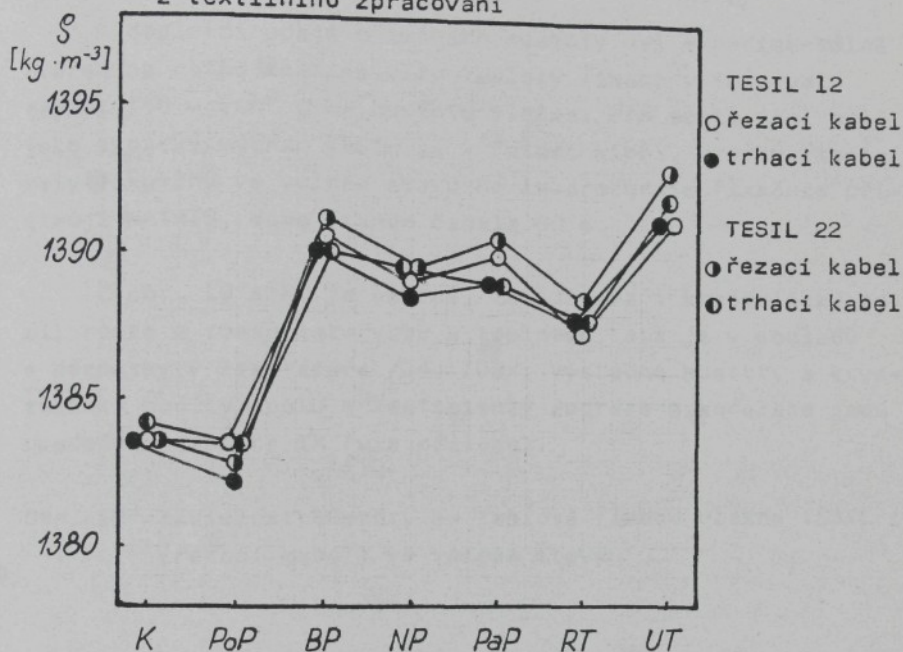
Z obr. 17 lze konstatovat, že hustota jako důsledek celého technologického procesu stoupá. Pokles nastává pouze v případech mechanického namáhání, tj. po předení a tkání, po posukování není statisticky významný. Vzrůst hustoty nastává ve všech případech po tepelných operacích (barvení, paření, fixace), kdy dochází k reorganizaci celkových poměrů ve vláknech, roste krystalický podíl, ale na úkor celkové orientace vláken.

Porovnáme-li tepelné operace barvení a paření, liší se, i když teplota operace je přibližně stejná. Při barvení dochází k výraznému růstu hustoty (a také krystalického podílu), zatímco při paření dochází především k relaxaci mechanického napětí, a proto se hustota již příliš nemění.

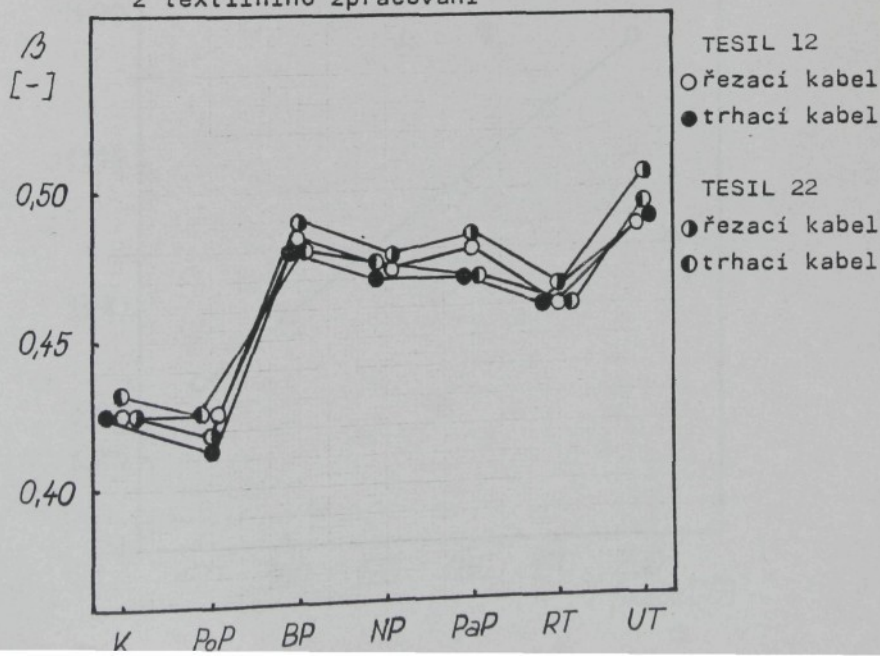
Rozdíly mezi jednotlivými sortimenty a typy vláken jsou velmi malé, i když v některých případech statisticky významné. Pouze u upravených tkanin se projevil rozdíl fixačních teplot (kolísání teplot ve fixačním rámu).

Podobný průběh vykazuje také krystalický podíl (obr. 18), který byl vypočítán podle vztahu (1).

Obr. 17 Výsledky měření hustoty vzorků PES vláken z textilního zpracování



Obr. 18 Velikost krystalického podílu vzorků PES vláken z textilního zpracování

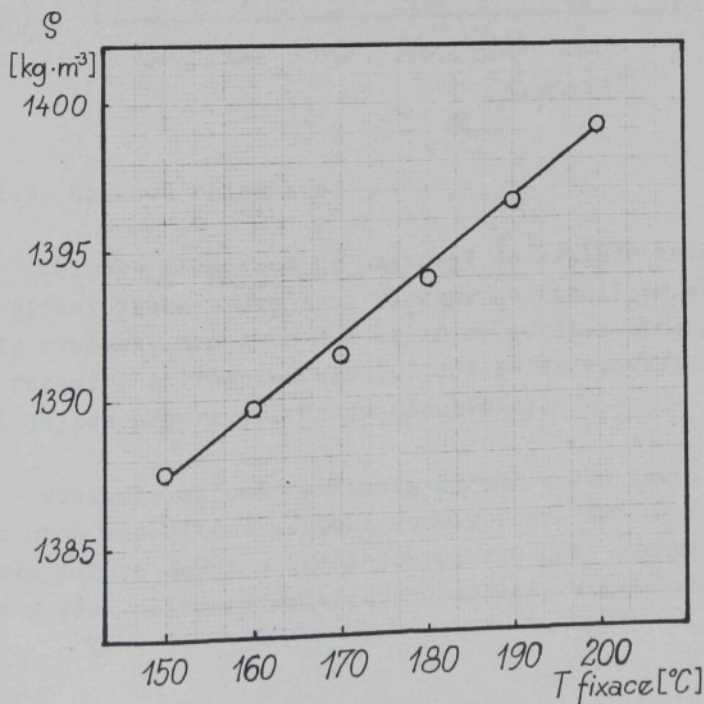


Závislost hustoty na teplotě fixace

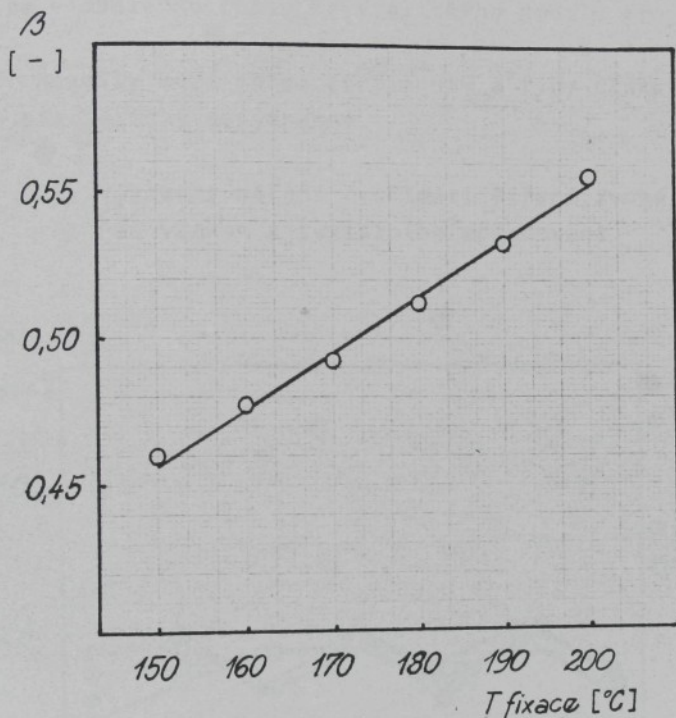
K doplnění údajů o změnách hustoty byl experimentálně ověřen na rezné tkanině vliv teploty fixace v intervalu teplot 150 - 200 °C na hustotu vláken. Pro tento účel byl jako typický vybrán TESIL 12 - řezací kabel. Vzorky tkanin byly fixovány ve volném stavu na laboratorním fixačním přístroji MATHIS, doba fixace činila 60 s.

Z obr. 19 a 20 je patrné, že hustota i krystalický podíl roste v tomto intervalu s teplotou, což je v souladu s poznatky v literatuře [24, 108]. Výsledné hustoty a krystalické podíly spolu s koeficienty regrese a korelace jsou uvedeny v tabulce IX (viz příloha).

Obr. 19 Závislost hustoty na teplotě fixace vlákna TESIL 12 (řezací kabel) ve volném stavu



Obr. 20 Závislost krystalického podílu na teplotě fixace vlákna TESIL 12 (řezací kabel) ve volném stavu



5.1.2 Celková orientace

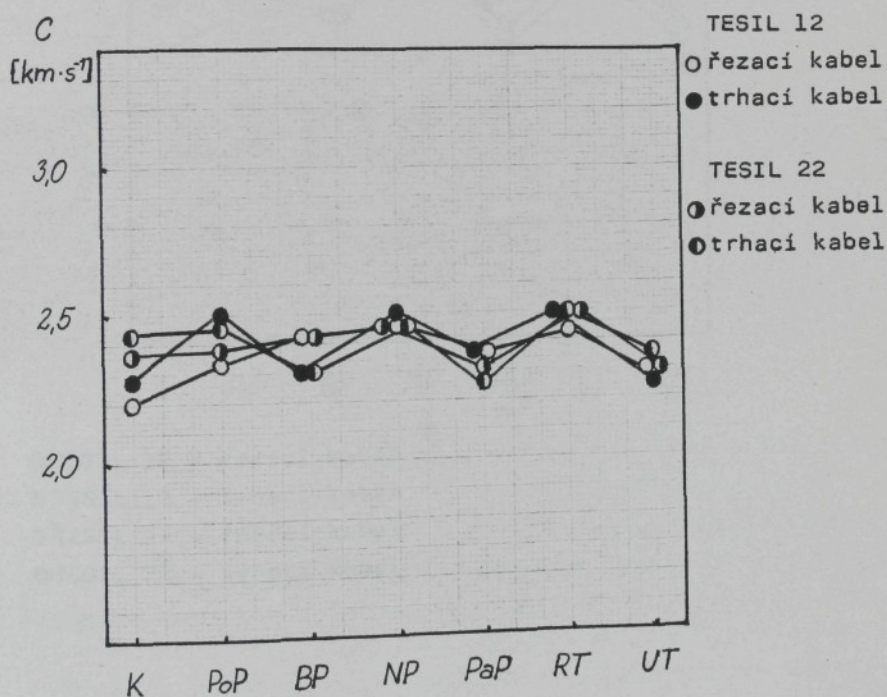
Celková orientace se posuzuje na základě změn rychlosti šíření zvuku a dvojlomu vláken. Na rozdíl od měření hustoty výsledky pro tyto dvě veličiny se liší u nezpracovaného řezacího a trhacího kabelu, což se dá vysvětlit technologií jejich přípravy (různým dloužením).

Výsledky měření rychlosti šíření zvuku (obr. 21) a z nich vypočítané sonické moduly (obr. 22) ukazují mírně klesající tendenci u konečných vzorků vůči výchozím, tyto změny však nejsou statisticky významné. Vlivem mechanického

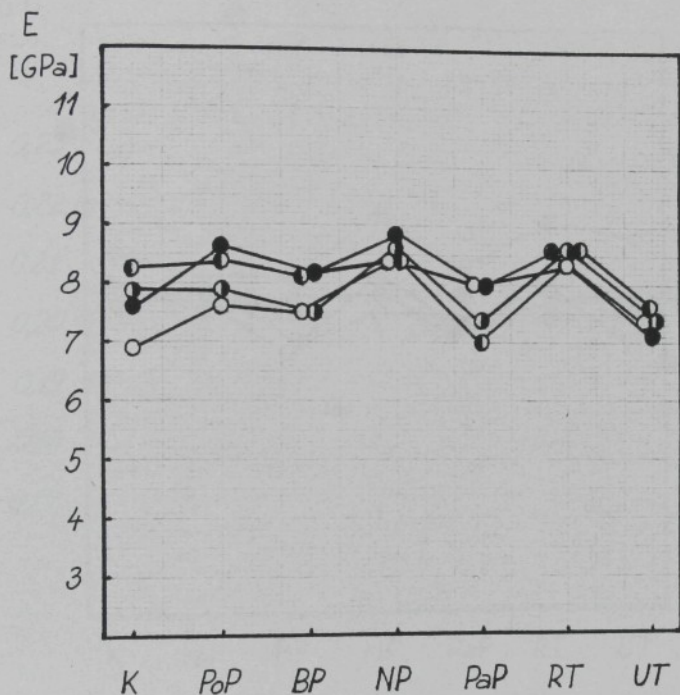
namáhání, především v tahu, celková orientace roste. Největší nárůst se projevuje u předení a tkaní. U tepelných operací se v důsledku růstu krystalického podílu projevuje pokles.

Rozdíly mezi oběma sortimenty a typy vláken jsou většinou statisticky nevýznamné.

Obr. 21 Výsledky měření rychlosti šíření zvuku vzorků PES vláken z textilního zpracování

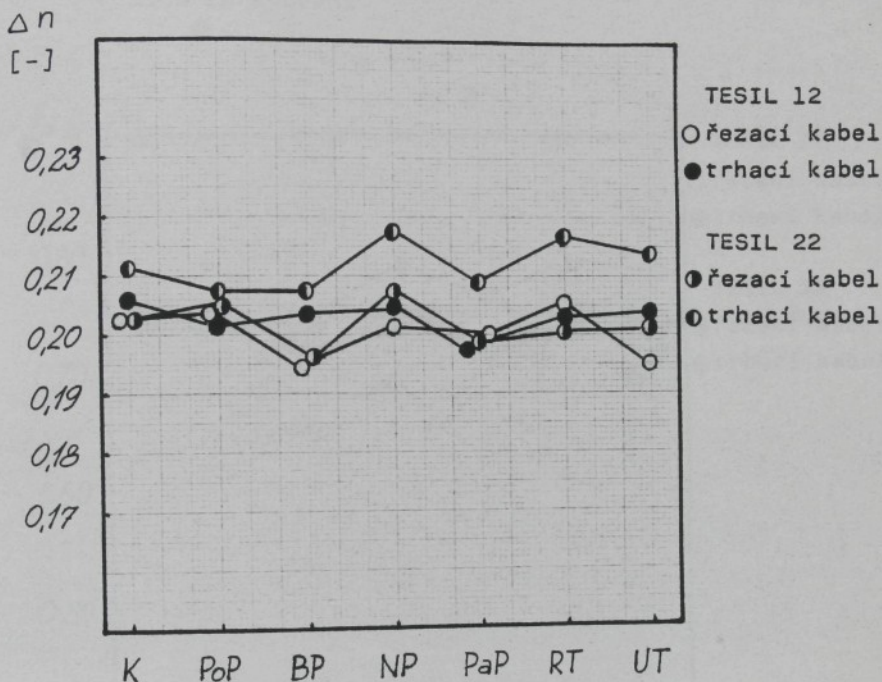


Obr. 22 Velikost sonického modulu vzorků PES vláken z textilního zpracování



- TESIL 12 - řezací kabel
- TESIL 12 - trhací kabel
- ◐ TESIL 22 - řezací kabel
- ◑ TESIL 22 - trhací kabel

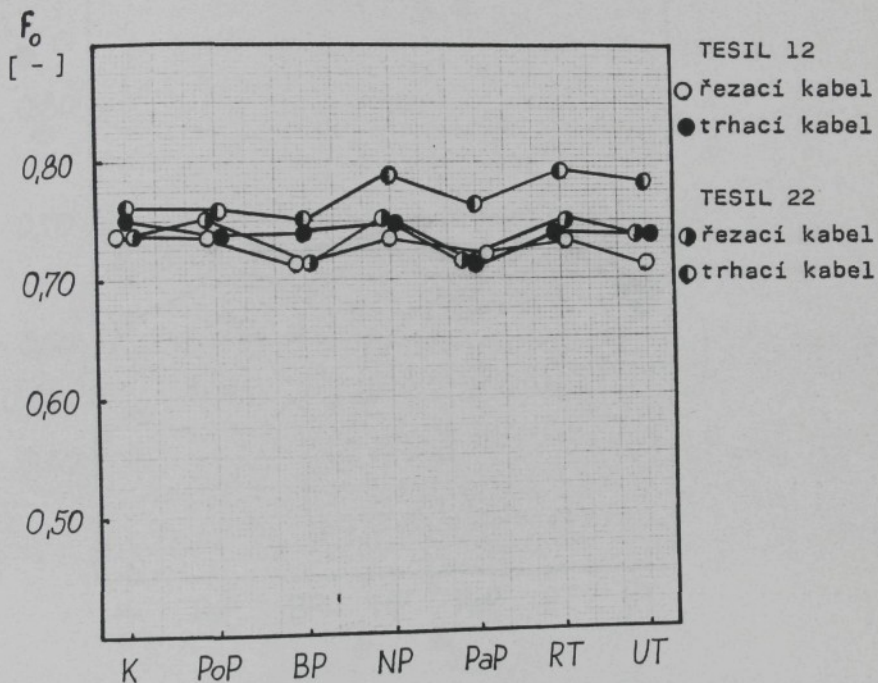
obr. 23 Výsledky měření dvojlomu vzorků PES vláken z textilního zpracování



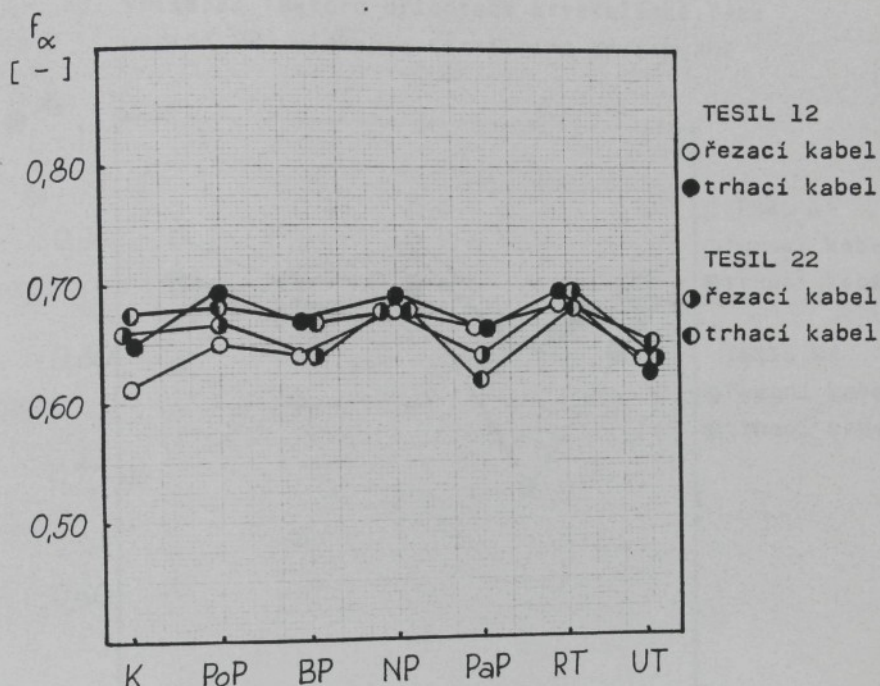
Výsledky měření dvojlomů (obr. 23) ukazují podobný průběh křivek jako u rychlosti šíření zvuku. Sonický modul je mnohem citlivější než dvojlom a lépe charakterizuje změny orientace. To je patrné z obr. 24 a 25, kde jsou porovnány faktory orientace, vypočítané jak z dvojlomu, tak z rychlosti šíření zvuku. Metoda rychlosti šíření zvuku je také univerzálnější, protože pomocí ní lze proměřit i barvené vzorky. Obecně však lze říci, že jsou obě metody zastupitelné.

Celkově lze říci, že změny orientace vláken v průběhu jejich textilního zpracování do tkanin jsou malé.

Obr. 24 Velikost orientačního faktoru vláken vypočítaného z měření dvojlomu (f_o) vzorků PES vláken z textilního zpracování



Obr. 25 Velikost orientačního faktoru vláken vypočítaného z měření rychlosti šíření zvuku (f_α) vzorků PES vláken z textilního zpracování



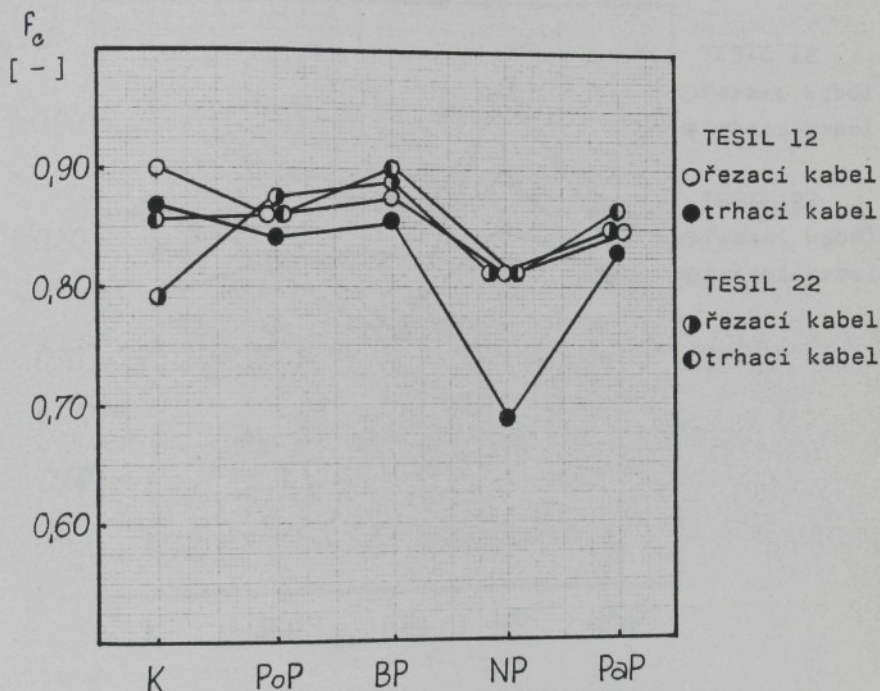
5.1.3 Rtg. difrakce a faktor orientace krystalické fáze

U jednotlivých vzorků byly vyhodnoceny reflexe (010) a (100) a podle Hermansova vztahu (8) byl vypočítán faktor orientace krystalické fáze.

Na obr. 26 je patrný podobný vliv tepelného a mechanického namáhání na změnu orientace krystalické fáze: při mechanickém namáhání orientace klesá, při tepelném roste. Rtg. difrakce nebyla provedena u vláken z tkanin, protože u kadeřených vláken nelze zajistit jejich paralelní uložení.

Hodnoty hustoty a výsledky rtg. difrakce potvrzují, že tepelné působení způsobuje dodatečnou krystalizaci.

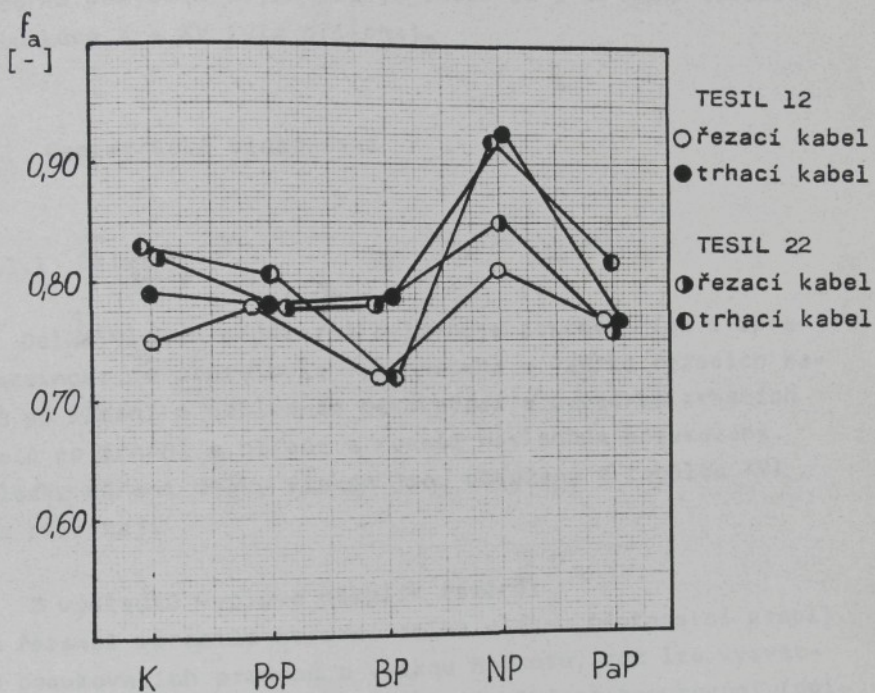
Obr. 26 Velikost faktoru orientace krystalické fáze vzorků PES vláken z textilního zpracování



5.1.4 Faktor orientace amorfni fáze

Faktor orientace amorfni fáze byl vypočítán podle vzta-
hu (3) pro celkový dvojlom použitím výsledků dvojlomu, krys-
talického podílu a faktoru orientace krystalické fáze.

obr. 27 Velikost faktoru orientace amorfni fáze vzorků
PES vláken z textilního zpracování



5.2 Hodnocení vlastností vláken

Hodnoty mechanických a fyzikálně mechanických parametrů vzorků polyesterových vláken TESIL 12 a 22 jsou obsaženy v tabulkách X - XV (viz příloha).

5.2.1 Geometrické vlastnosti

5.2.1.1 Délka

Délka vláken podstatně ovlivňuje jakost příze i zpracovatelnost, a proto byla vyhodnocena u vzorků řezacích kabelů po řezání a následném posukování a u vzorků trhacích kabelů po trhání a paření a rovněž následném posukování. Výsledky měření délky vláken jsou obsaženy v tabulce XVI (viz příloha).

Z výsledků vyplývá několik závěrů:

- u řezanců vzrostla střední délka vláken (četnostní stapl) u posukovacích pramenů o velkou hodnotu, což lze vysvětlit také částečným narovnáním obloučků po posukování (délka vlákna stanovená na Almetru je ovlivněna rovněž jeho stupněm zkadeření)
- u všech vzorků dochází vlivem posuku ke "zrovnoměrnění" délek, což vyplývá nejen z variačního koeficientu, ale také ze vzrůstu váhového staplu
- významný vliv posuku - vyčesávají se krátká vlákna
- narovnání obloučků vede také ke vzrůstu hodnot u procenta vláken přesahujících uvedenou délku

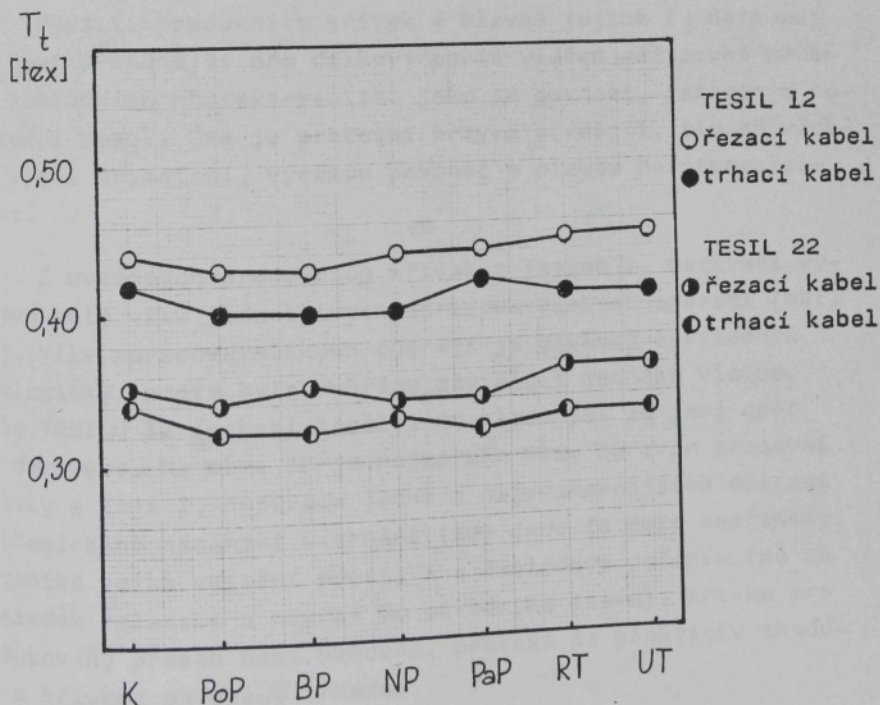
Charakteristiky délky vláken jsou jak pro TESIL 12, tak pro TESIL 22 analogické, takže vliv materiálu se neprojeví. Výrazné rozdíly jsou v technologii trhání a řezání. Rozdíly mezi trhacím a řezacím kabelem jsou dány počáteční délkou

kou vláken, na kterou je vlákno řezáno nebo trháno.

5.2.1.2 Jemnost

V průběhu textilního zpracování se jemnost výrazně nemění (obr. 28) a rozdíly nejsou ani v jednom případě statisticky významné. Rozdíl v jemnosti TESILU 12 a 22 je dán již výchozími kabely (4,4 a 3,6 dtex). Rovněž je patrná nižší jemnost u trhacích kabelů, což je dáno technologií přípravy (vyšší dloužicí poměr). Hodnoty měření jemnosti jsou obsaženy v tabulce X a XI (viz příloha).

Obr. 28 Výsledky měření jemnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování



5.2.1.3 Obloučkové charakteristiky

Obloučkové charakteristiky mají rozhodný vliv na průběh chování v přádelně. Jak vyplývá z tabulky XVII (viz příloha), kadeření během zpracování silně kolísá. Počet obloučků a stupeň zkadeření během zpracování klesá, což je pro dobré zpracování nutné (zkadeření je nutné s ohledem na kompaktnost vláken, ve finální operaci dopřádání není naopak vysoký stupeň zkadeření vhodný - přičení vláken při zpracování). Počet obloučků i stupeň zkadeření výrazně klesá po trhání.

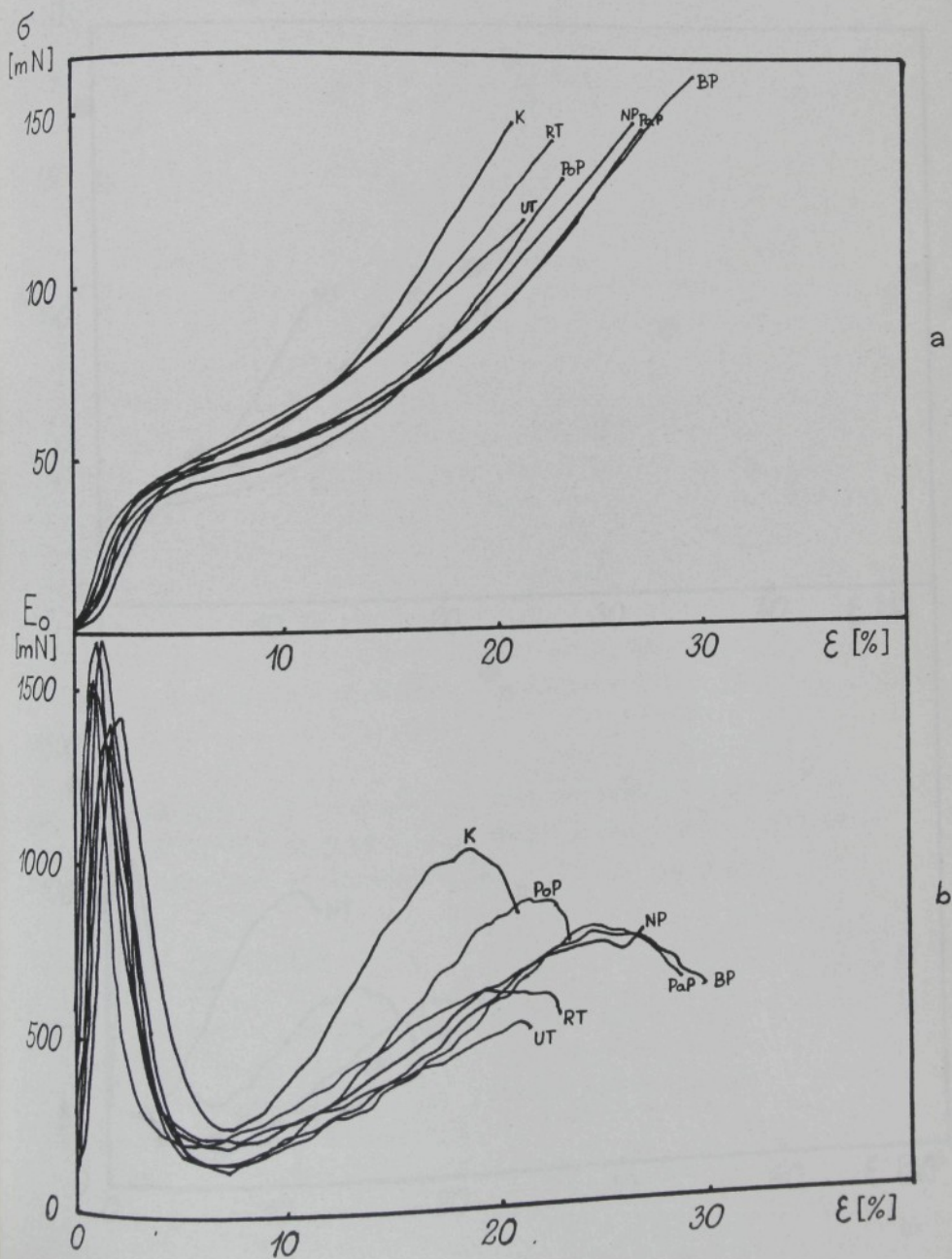
5.2.2 Mechanické vlastnosti

5.2.2.1 Pracovní křivky a jejich charakteristiky

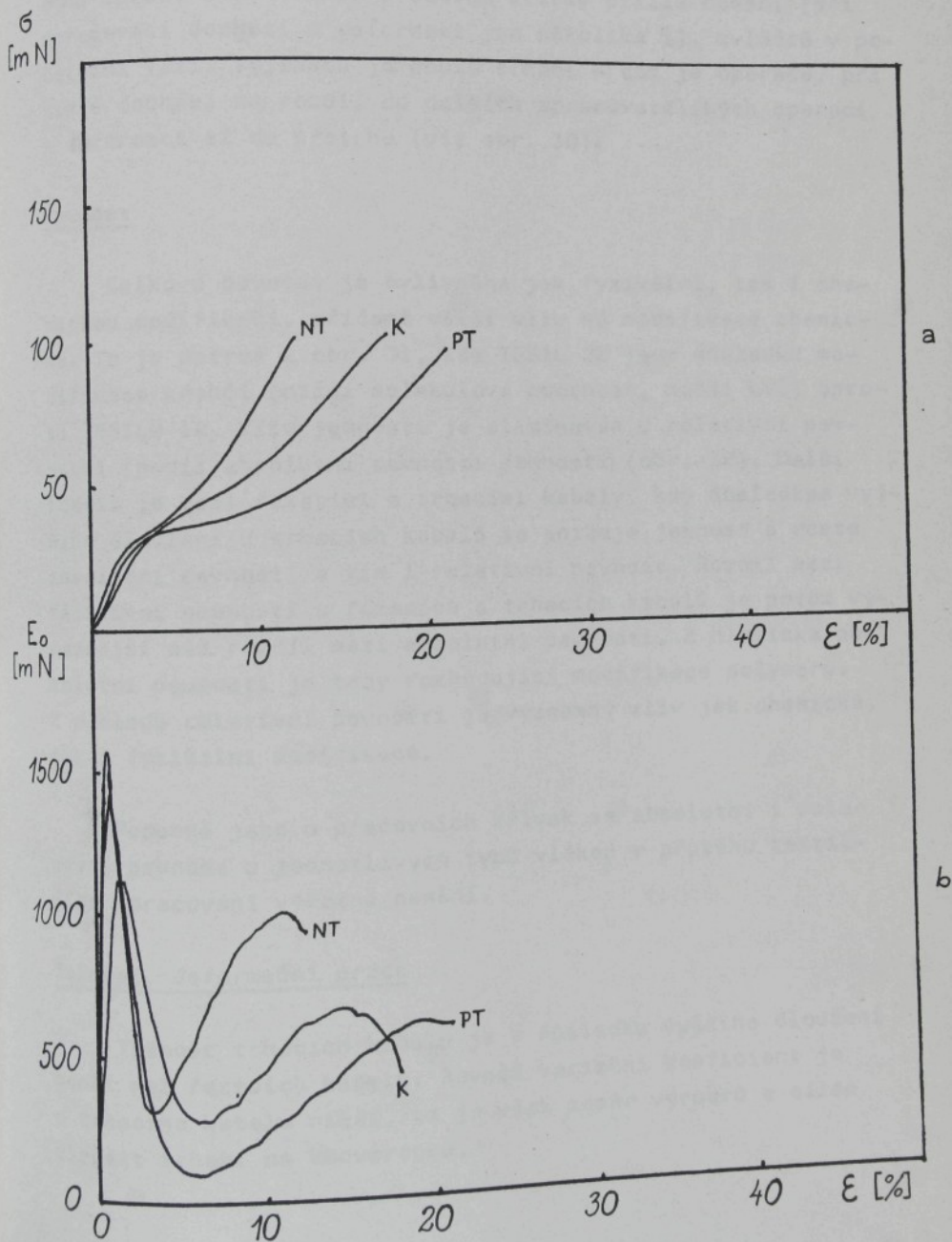
Použití pracovních křivek a hlavně jejich 1. derivací se jeví výhodnější pro celkový popis vláken než pouhé měření základních charakteristik, jako je pevnost, tažnost a počáteční modul. Čím je pracovní křivka strmější, tím má vlákno vyšší orientaci, vysokou pevnost a nízkou deformovatelnost.

Z uvedených pracovních křivek a jejich 1. derivací vyplývá malý vliv jednotlivých zpracovatelských operací (obr. 29). Vliv zpracovatelských operací je u všech sortimentů analogický, proto byla vybrána závislost jednoho vlákna, a to TESILU 12 (trhací kabel). Přehlednější se jeví opět 1. derivace. Na obr. 30 je znázorněn vliv na tvar pracovní křivky a její 1. derivace jedné z nejvýznamnějších operací mechanického namáhání - trhání (kdy jsou řetězce napříměny a vzniká velké vnitřní pnutí) - s následným pařením (má za následek relaxaci a návrat do původního stavu). Křivka pro posukovaný pramen není uvedena, protože se prakticky shoduje s křivkou pařeného trhance.

obr. 29 Vliv zpracovatelských operací na pracovní křivky(a)
a jejich 1. derivace (b) vlákná TESIL 12 (trhací
kabel



obr. 30 Vliv trhání a paření na pracovní křivky (a) a jejich 1. derivace (b) vlákna TESIL 22 (trhací kabel)



Všechny pracovní křivky a jejich 1. derivace byly vynešeny do jednoho grafu (obr. 29), z něhož je patrné, že v průběhu zpracování se tvar pracovní křivky příliš nemění (při zpracování dochází k deformaci jen několika %), zvláště v počáteční fázi. Výjimkou je pouze trhání - což je operace, při které dochází na rozdíl od dalších zpracovatelských operací k deformaci až do přetrhu (viz obr. 30).

Pevnost

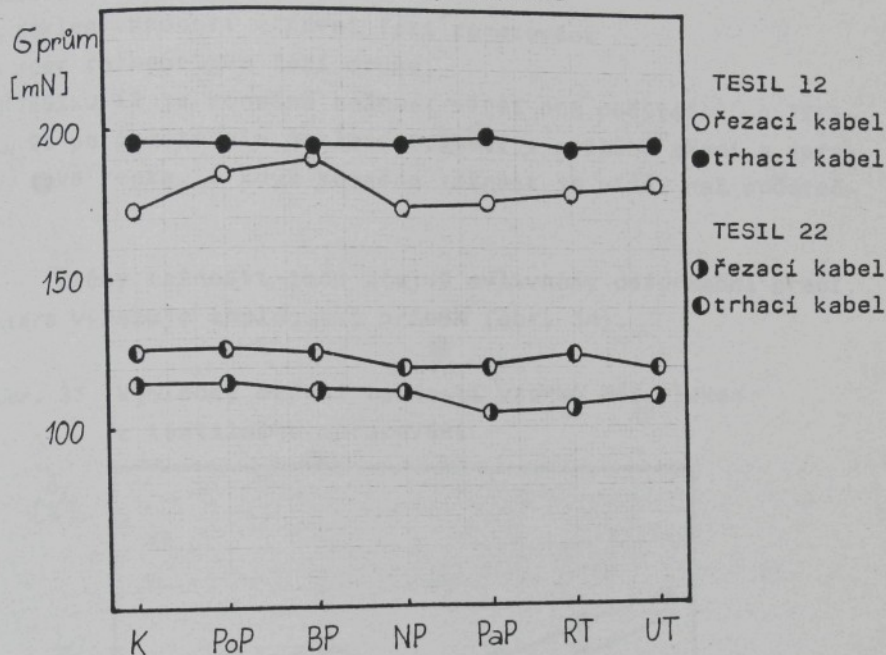
Celková pevnost je ovlivněna jak fyzikální, tak i chemickou modifikací, přičemž větší vliv má modifikace chemická. To je patrné z obr. 31, kde TESIL 22 je v důsledku modifikace křehčí (nižší molekulová hmotnost, nižší LVČ) oproti TESILU 12. Vliv jemnosti je eliminován u relativní pevnosti (podíl absolutní pevnosti jemností) (obr. 32). Další rozdíl je mezi řezacími a trhacími kabely, kdy důsledkem vyššího dloužení u trhacích kabelů se snižuje jemnost a roste absolutní pevnost, a tím i relativní pevnost. Rozdíl mezi relativní pevností u řezacích a trhacích kabelů je potom výraznější než rozdíl mezi absolutní pevností. Z hlediska absolutní pevnosti je tedy rozhodující modifikace polymeru. Z pohledu relativní pevnosti je významný vliv jak chemické, tak i fyzikální modifikace.

Podobně jako u pracovních křivek se absolutní i relativní pevnost u jednotlivých typů vláken v průběhu textilního zpracování výrazně nemění.

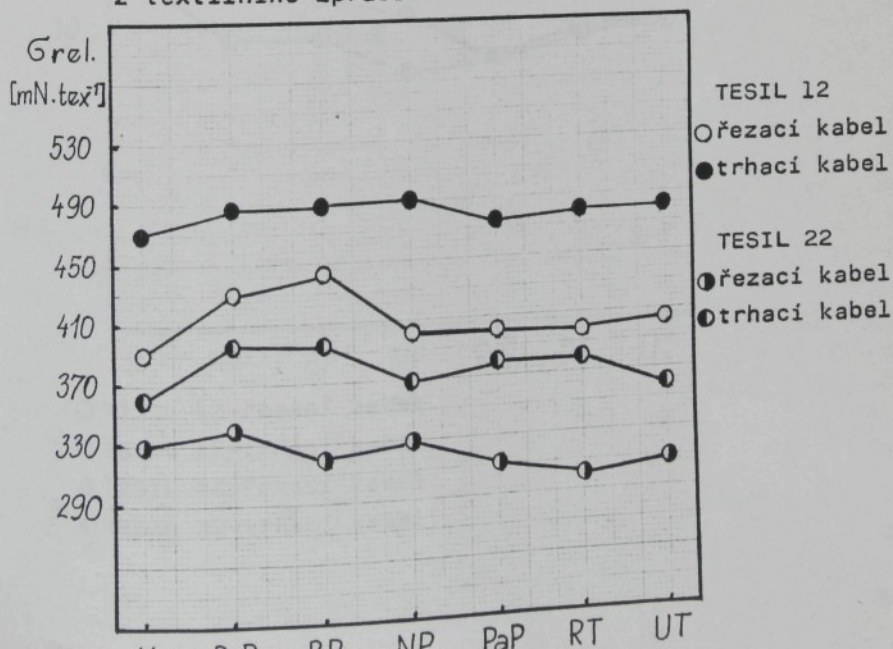
Tažnost, deformační práce

Tažnost trhacích kabelů je v důsledku vyššího dloužení menší než řezacích kabelů. Rovněž variační koeficient je u trhacího kabelu nižší, to je však záměr výrobců s cílem zlepšit trhání na konvertoru.

obr. 31 Výsledky měření absolutní pevnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování



obr. 32 Velikost relativních pevností vzorků PES vláken z textilního zpracování



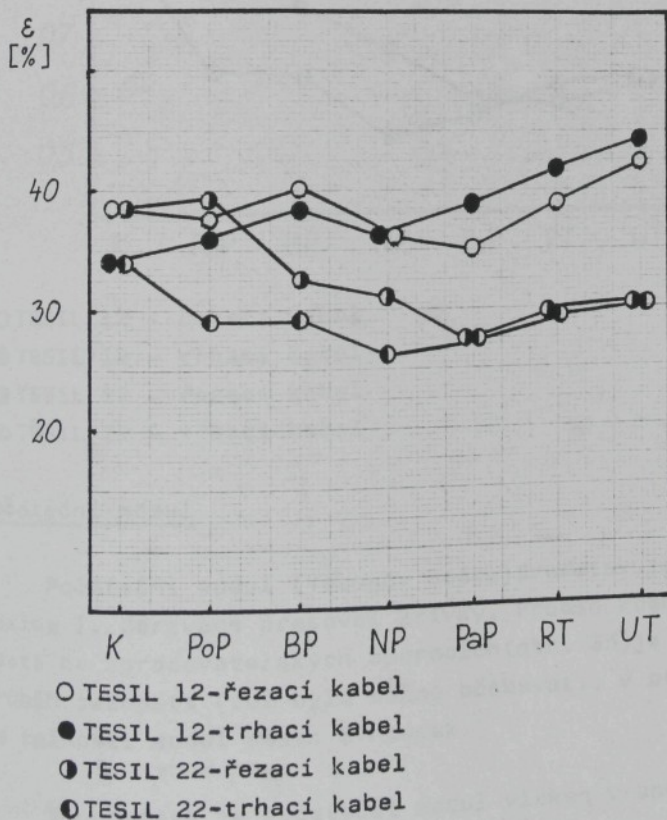
Změny tažnosti v průběhu zpracování (obr. 33) lze rozdělit na dvě části:

- pokles tažnosti v první fázi zpracování
- růst tažnosti ve fázi druhé.

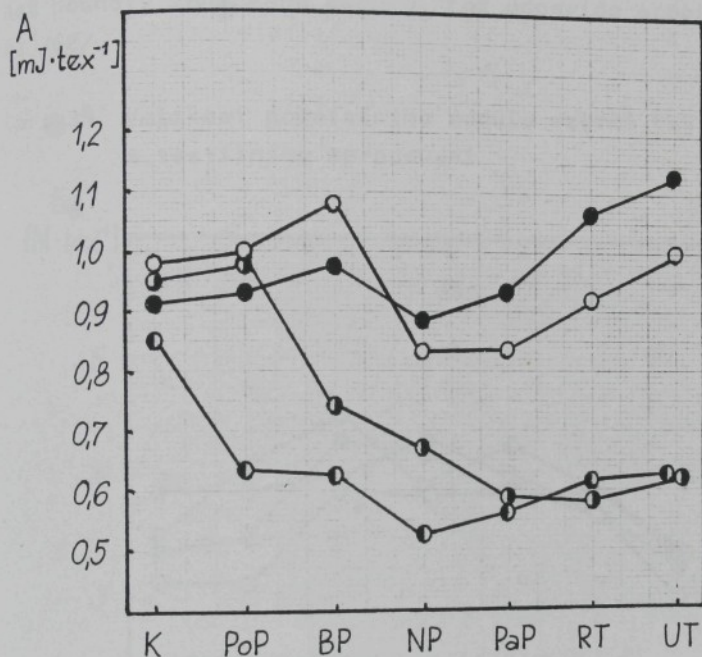
U TESILU 12 je konečná tažnost větší než počáteční, u TESILU 22 po počátečním poklesu tažnost v průběhu tkání a úpravy také roste, i když konečná tažnost je nižší než počáteční.

Změny tažnosti jsou zřejmě ovlivněny deformační prací, která vykazuje analogický průběh (obr. 34).

Obr. 33 Výsledky měření tažnosti vzorků PES vláken z textilního zpracování



Obr. 34 Velikost deformační práce vzorků PES vláken z textilního zpracování



○ TESIL 12 - řezací kabel

● TESIL 12 - trhací kabel

○● TESIL 22 - řezací kabel

●● TESIL 22 - trhací kabel

Počáteční modul

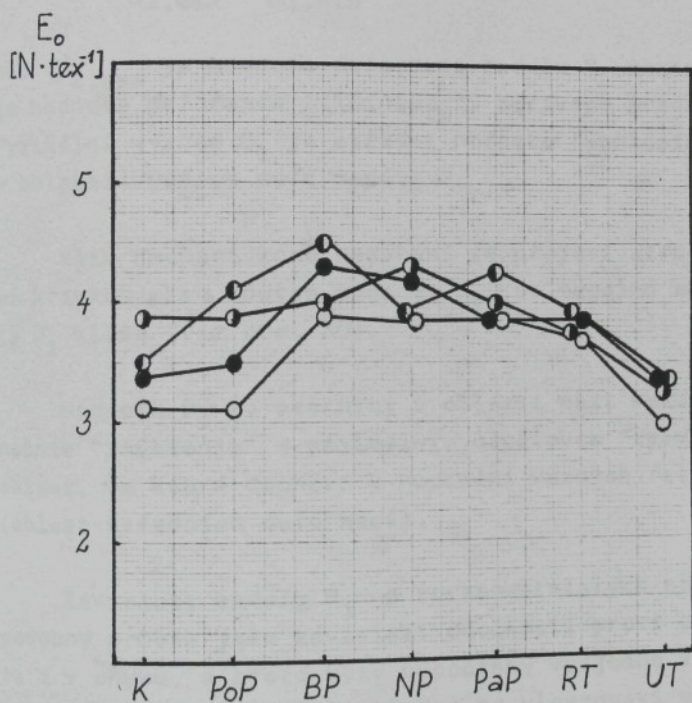
Počáteční modul (Youngův modul) představuje hodnotu 1. maxima 1. derivace pracovní křivky. Průběh modulu v závislosti na zpracovatelských operacích (obr. 35) je opačný než průběh tažnosti (což bylo možno očekávat), v případě poklesu tažnosti modul roste a naopak.

V podstatě je počáteční modul vláken v upravené tkani-

ně srovnatelný s hodnotou počátečního modulu u kabelu.

Hodnoty počátečního modulu jsou přibližně 2krát menší než hodnoty sonického modulu, což odpovídá práci Dumbletona /68/.

Obr. 35 Velikost počátečního modulu vzorků PES vláken z textilního zpracování



OTESIL 12 - řezací kabel

● TESIL 12 - trhací kabel

⊙ TESIL 22 - řezací kabel

● TESIL 22 - trhací kabel

Jiné významné moduly

Jako významná veličina se jeví hodnota 1. minima ($E_{1.min}$) a hodnota 2. maxima ($E_{2.max}$) 1. derivace pracovní křivky, zvláště pak směrnice spojnice obou těchto bodů

$$D_1 = \frac{E_{2.max} - E_{1.min}}{\xi_{2.max} - \xi_{1.min}} \quad (11)$$

kde $\xi_{2.max}$ je hodnota deformace modulu 2. maxima a $\xi_{1.min}$ je hodnota deformace 1. minima 1. derivace pracovní křivky. Fyzikální význam D_1 je střední hodnota rychlostního modulu v oblasti vyšších deformací.

Vliv mechanického namáhání se projeví strmější pracovní křivkou, ale i růstem hodnoty D_1 , po tepelné operaci hodnota D_1 klesá (viz obr. 30).

Hodnota D_1 je směrnici v oblasti mezi maximálním deformačním "změkčením" a maximálním napětovým "zpevněním", tj. oblast, ve které dochází k napínání vazných řetězců molekul (oblast středních deformací).

Závislost modulu D_1 na zpracovatelských operacích má podobný průběh jako závislost odolnosti proti oděru ve smyčce i v ohybu, a proto byly vypočteny vzájemné korelace těchto veličin viz 5.5.3. S ohledem na vlastnosti vyhodnocovacího programu pracovních křivek (vyhodnocení končí u přetrhu vlákn s nejnižší pevností), nebylo možno u všech vzorků vyhodnotit hodnotu D_1 .

5.2.2.2 Oděr vláken ve smyčce a odolnost vláken v ohybu

Metoda oděru vláken ve smyčce byla ve Výzkumném ústavu vlnářském v Brně nově zavedena a nahrazuje metodu odolnosti vláken v ohybu (Texlom), protože údajně dosahuje výborné korelace se žmolkováním. Byla proto využita možnost porovnání obou metod, které se od sebe liší principem:

oděr vláken ve smyčce - ohýbání vlákna o vlákno

odolnost vláken v ohybu - ohýbání vlákna o drátek.

U oděru vláken ve smyčce byl rozdíl v jemnosti vláken eliminován různým předpětím - pro TESIL 12 byla použita předpětí 335 mg a 700 mg, pro TESIL 22 byla použita předpětí 225 mg a 500 mg.

U odolnosti vláken v ohybu bylo pro oba sortimenty použito konstantního předpětí 1 g a vliv jemnosti je eliminován v hodnotě relativní odolnosti vláken v ohybu.

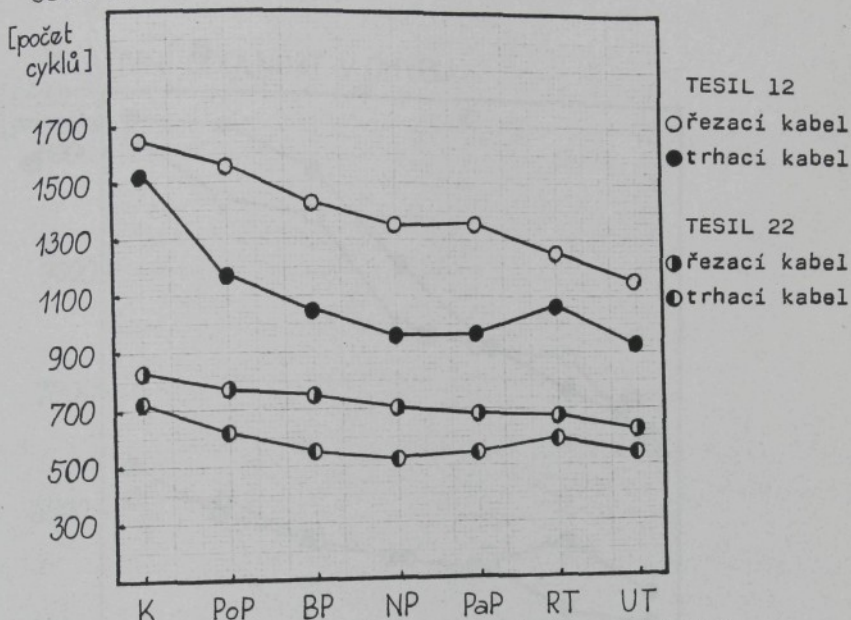
Obě metody jsou srovnatelné tím, že vyhodnocují počet kyvů do přetrhu vláken.

Oděr vlákna ve smyčce i odolnost vláken v ohybu vykazují celkově klesající tendenci v celém průběhu zpracování (obr. 36, 37 a 38). Rozdíl v sortimentech odpovídá tomu, že vlákno TESIL 22 je křehčí, s nižším LVČ a z toho plynoucím nižším sklonem ke žmolkování.

Metoda oděru vláken ve smyčce vykazuje větší rozdíl mezi řezacími a trhacími kabely v průběhu zpracování, a tím také méně zvyrazňuje rozdíl mezi oběma sortimenty. Hodnoty oděrů řezacích kabelů jsou vyšší (oděr i ohyb jsou závislé na velikosti LVČ).

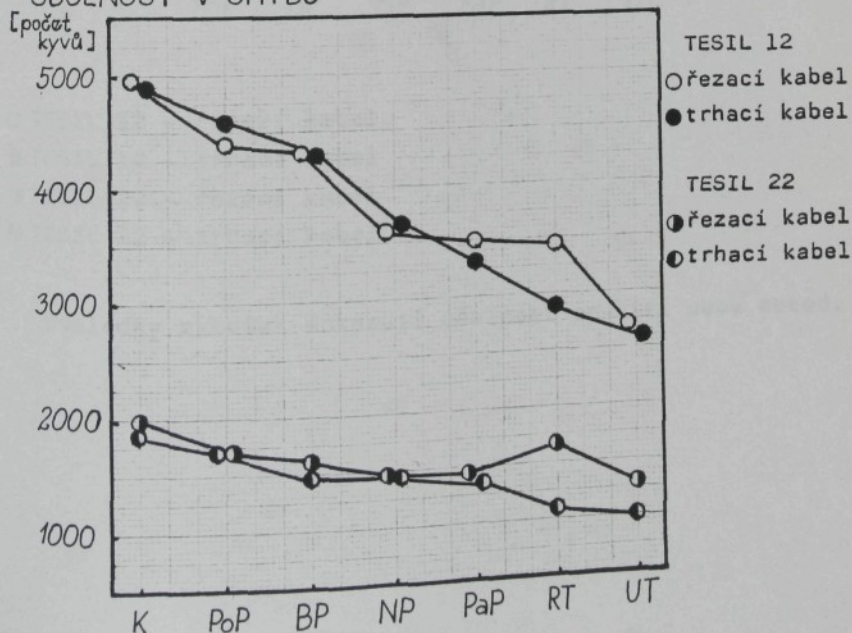
Obr. 36 Výsledky měření odolnosti proti oděru ve smyčce
vzorků PES vláken z textilního zpracování

ODĚR VE SMYČCE

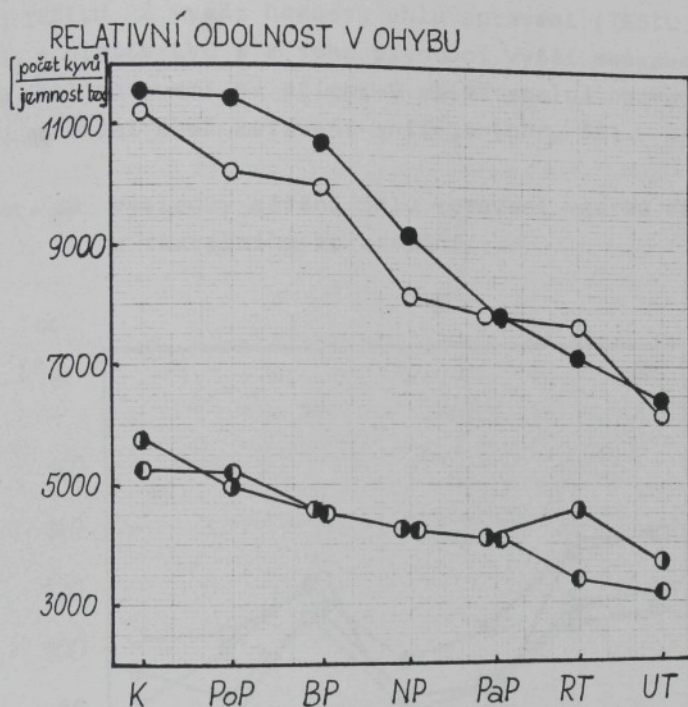


Obr. 37 Výsledky měření odolnosti v ohybu vzorků PES
vláken z textilního zpracování

ODOLNOST V OHYBU



Obr. 38 Velikost relativní odolnosti v ohybu vzorků
PES vláken z textilního zpracování



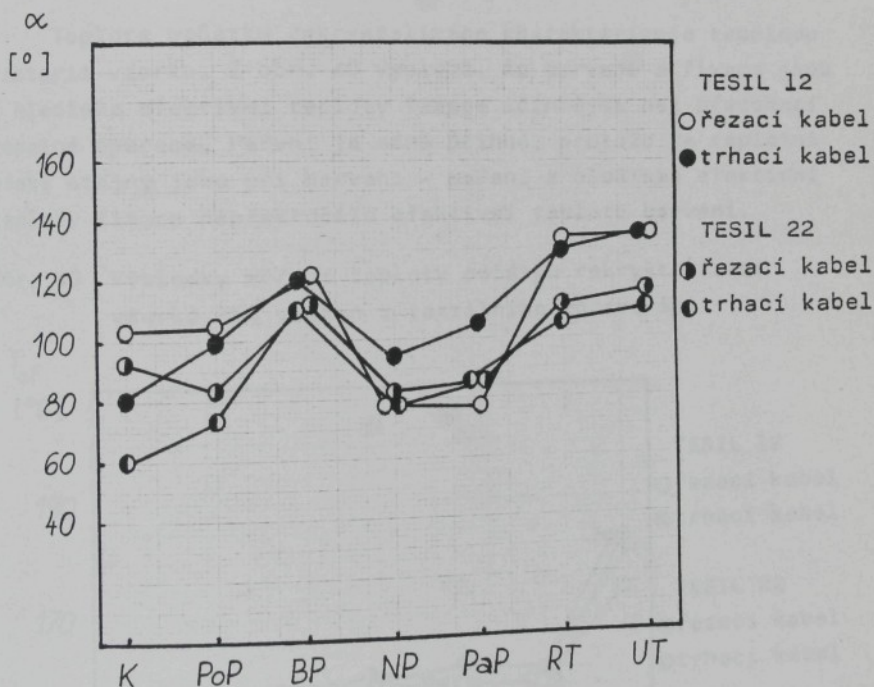
- TESIL 12 - řezací kabel
- TESIL 12 - trhací kabel
- ◐ TESIL 22 - řezací kabel
- ◑ TESIL 22 - trhací kabel

Výsledky zkoušek dokazují účelnost použití obou metod.

5.2.2.3 Úhel zotavení vláken z ohybu

Téměř po celý průběh zpracování vykazuje TESIL 12 oproti TESILU 22 vyšší hodnoty úhlu zotavení (TESIL 22 je křehčí, s nižším LVČ a z toho plynoucí vyšší mačkovosti). Na úhel zotavení má příznivý vliv tepelná operace, mechanické namáhání úhel zotavení snižuje (obr. 39).

Obr. 39 Výsledky měření úhlu zotavení vzorků PES vláken z textilního zpracování



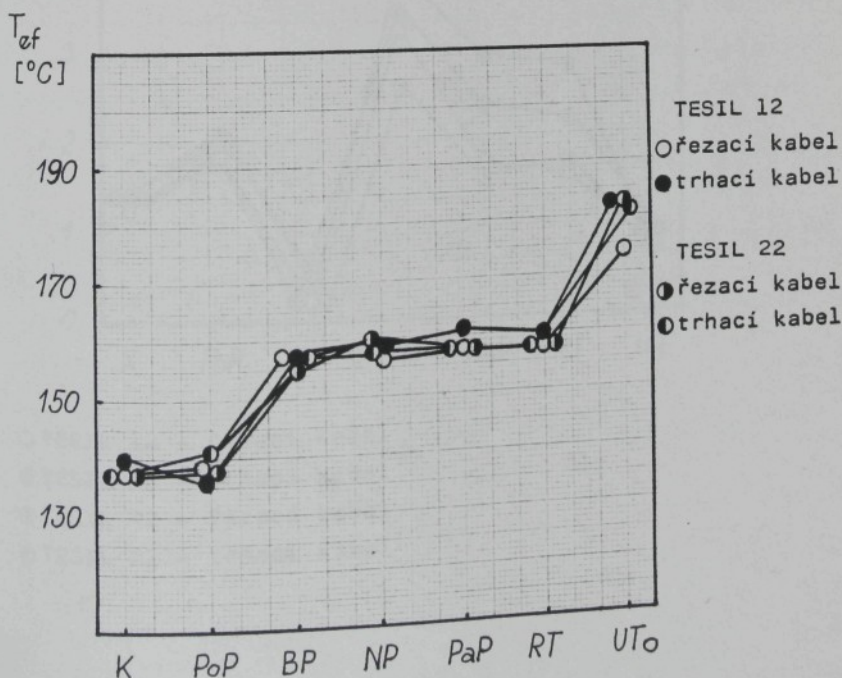
5.2.3 Fyzikálně chemické vlastnosti

5.2.3.1 Teplota rekrytalizace a teplota tání

V průběhu textilního zpracování vláken zůstává teplota tání prakticky konstantní. Celková průměrná hodnota je u TESILU 12 asi o 1°C vyšší, což není významný rozdíl pro případné použití k rozlišení obou sortimentů. Obsah komonomeru má vliv na teplotu tání, ovšem v tomto případě obsahuje TESIL 22 méně než 0,2 mol. % modifikační složky, a to se na výrazné změně teploty tání (poklesu) neprojeví.

Teplota počátku rekrytalizace charakterizuje tepelnou historii vzorku. Z obr. 40 vyplývá, že barvení a fixace jsou z hlediska efektivní teploty fixace účinnější než předchozí tepelné operace. Paření je méně účinné, protože je teplotní efekt stejný jako při barvení - paření z hlediska efektivní teploty fixace nepřekročilo efektivní teplotu barvení.

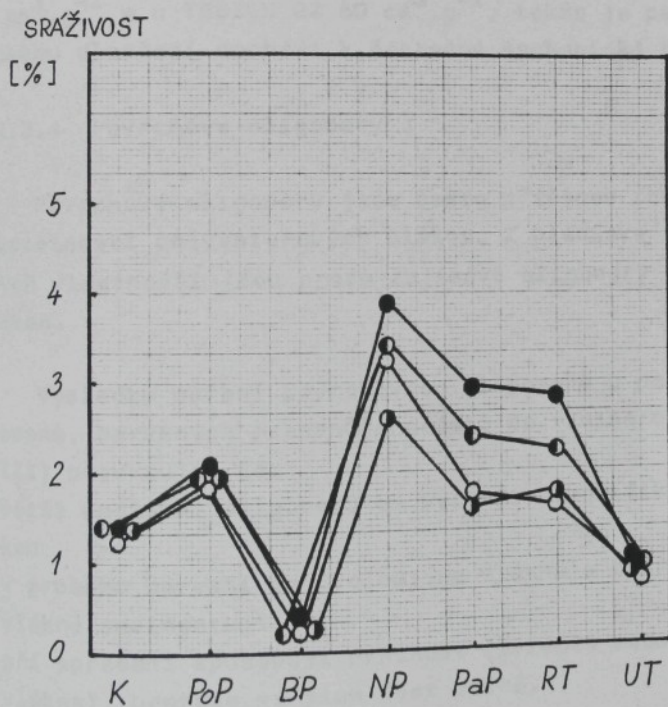
Obr. 40 Výsledky měření teploty počátku rekrytalizace vzorků PES vláken z textilního zpracování



5.2.3.2 Sráživost

Na obr. 41 lze pozorovat vzestup sráživosti po mechanickém namáhání; po tepelné operaci, kdy došlo k relaxaci napětí, její pokles. Sortiment se v celém průběhu zpracování chová jednotně, vlákna v upravené tkanině vykazují minimální hodnotu sráživosti. Nevýrazná změna opět po tkaní, pravděpodobně se jedná o vliv paření po skani.

Obr. 41 Výsledky měření sráživosti vzorků PES vláken z textilního zpracování



- TESIL 12 - řezací kabel
- TESIL 12 - trhací kabel
- TESIL 22 - řezací kabel
- TESIL 22 - trhací kabel

5.2.3.3 Limitní viskozitní číslo

V průběhu zpracování vláken LVČ mírně klesá (viz tabulka XIV a XV, příloha). Jako důsledek mechanického namáhání pravděpodobně dochází k "trhání" molekul a k poklesu střední molekulové hmotnosti. Vlivem modifikace u TESILU 22 je zřejmý rozdíl v LVČ oproti TESILU 12. Modifikátor způsobuje větvení polymeru, což má za následek nižší molekulovou hmotnost a nižší LVČ.

Výchozí LVČ je u nedlouženého vlákna TESIL 12 průměrně $68 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ a u TESILU 22 $60 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, takže je patrné, že v průběhu dloužení dochází k částečné mechanické destrukci.

5.2.3.4 Povrchové oligomery

Povrchové oligomery jsou často příčinou zhoršené zpracovatelnosti polyesterových vláken. Z hlediska zpracovatelských vlastností jsou proto zajímavé oligomery na povrchu vláken.

Výsledky měření povrchových oligomerů u posukovaných pramenů, barvených pramenů a přástů po finiseru (tabulka XVIII) potvrzují, že:

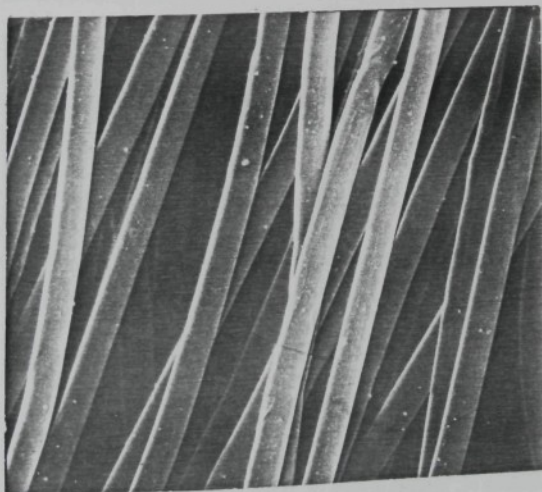
- větší množství oligomerů se vytváří u modifikovaných vláken
- v průběhu barvení se uvolňují z vlákna a při chlazení na vlákně sedimentují
- při spřádání způsobují prašnost (zvláště modifikovaná vlákna), protože se jich část odírá.

Charakter povrchu polyesterových vláken byl sledován pomocí řádkovací elektronové mikroskopie.

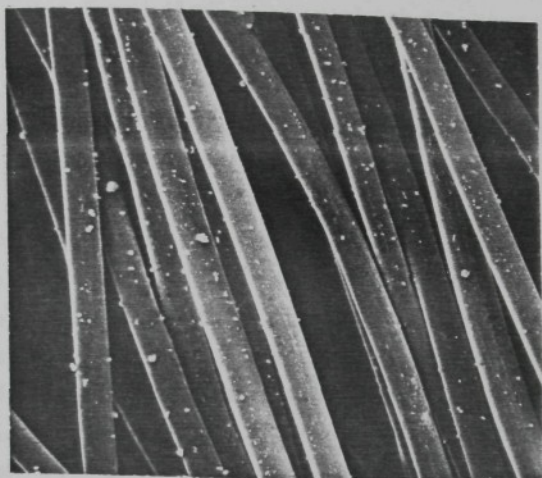
Tabulka XVIII Hodnoty povrchových oligomerů vzorků PES
vláken po posukování, barvení a předpřádání
po finiseru

POVRCHOVÉ OLIGOMERY				
Vzorek	TESIL 12		TESIL 22	
	řezací kabel	trhací kabel	řezací kabel	trhací kabel
PoP	0,02	0,01	0,02	0,02
BP	0,11	0,08	0,16	0,09
P	0,07	0,06	0,09	0,03

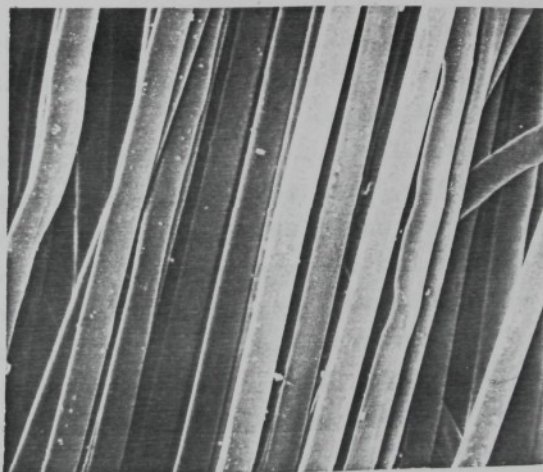
Obr. 42 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po posukování;
zvětšení 300krát



Obr. 43 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po barvení;
zvětšení 300krát



Obr. 44 Charakter povrchu vlákna TESIL 22 po finiseru;
zvětšení 300krát



5.3 Hodnocení přízí

Výsledky fyzikálně mechanických vlastností přízí jsou uvedeny v tabulce XIX (viz příloha). Byla vyhodnocena pouze informativně nestejnomyšnost a čistota přízí - USTER, Komplexní vyhodnocení přízí nebylo nutné s ohledem na cíl kandidátské práce.

Z výsledků zkoušek hmotné nestejnomyšnosti a čistoty USTER vyplývá horší kvalita přízí z řezacích kabelů oproti trhacím a dokonce příze z TESILU 12 nesplňuje požadavky normy (norma JK 682 117 pro vlnářské česané 100 % PES příze). Toto se dá vysvětlit tím, že technologický postup výroby všech přízí byl stejný - splňoval podmínky výroby přízí z trhacích kabelů - a tím byl snížen počet pasáží posukování u pramenů z řezacích kabelů, což mělo za následek zhoršení kvality přízí.

5.4 Hodnocení tkanin

Všechny režné i upravené tkaniny byly vyhodnoceny z hlediska fyzikálně mechanických a užitných vlastností (tabulka XX - XXV, příloha). Jejich výsledky byly porovnány s hodnotami stanovenými pro I. a II. stupeň jakosti povinného hodnocení tkanin - směs 45/55 vl/PES - z česaných přízí (pro tkaniny ze 100 % PES přízí hodnoty jakosti stanoveny nejsou), tj. číselný znak 683 215 a PNJ 134-80-78. Hodnoty stanovené pro I. stupeň jakosti splňují tkaniny s keprovou vazbou a tkanina s plátňovou vazbou z TESILU 22 (trhací kabel). Hodnoty pro II. stupeň jakosti splňují všechny ostatní tkaniny s plátňovou vazbou. Podmínky povinného hodnocení nesplňuje pouze tkanina z TESILU 12 (řezací kabel) s keprovou vazbou.

Výsledky hodnocení tkanin potvrzují významný vliv úpravy na užité vlastnosti tkanin u obou vazeb, tj. vzrůst úhlu zotavení a zlepšení nemačkovosti AKU, zlepšení vzhledu textilií po opakovaném praní, snížení tuhosti. Vliv sortimentu vláken se projevil lepší odolností proti žmolkování a větším oděrem u tkanin z TESILU 22, což potvrzuje účelnost modifikace TESILU 22 (křehčí vlákno, lepší odolnost proti žmolkování). Tkaniny vyrobené z řezacího a trhacího kabelu se v oblasti měřených parametrů významně od sebe neliší.

Z výsledků hodnocení tkanin tedy vyplývá nejen vliv úpravy a konstrukce tkanin, ale i modifikace použitých vláken na užité vlastnosti hotových výrobků (což je ve shodě s pracemi /1, 32/).

Parametrické hodnocení tkanin

U všech tkanin bylo provedeno parametrické hodnocení (stanovení užité hodnoty) podle metodiky SVÚT Liberec, kde bylo toto hodnocení vypracováno pro tkaniny bavlnářské. Pro nás mělo proto hlavně porovnávací význam. Užité hodnoty byly počítány s použitím tabulky mezi určujícími vlastnostmi a koeficientů pro svrchní ošacení - střední typ. Protože vlastnosti měřených tkanin byly neúplné vůči vlastnostem obsaženým v tabulce, byly doplněny průměrnými hodnotami z jiných hodnocených PES tkanin pro obě vazby.

Vypočítané užité hodnoty (tabulka XXVI) jsou rozděleny pro obě vazby - plátno i kepr.

Tabulka XXVI Vypočítané užité hodnoty PES tkanin podle metodiky SVÚT Liberec

Vzorek	Užité hodnoty	
	plátno	kepr
TESIL 12		
řezací kabel	0,72	0,67
trhací kabel	0,71	0,67
TESIL 22		
řezací kabel	0,91	0,84
trhací kabel	0,91	0,85

Vyšší užité hodnota byla vypočítána pro tkaniny z TESILU 22 u obou vazeb. Porovnáme-li hodnoty jednotlivých vlastností a tabelované meze, ukazuje se, že na výsledky užitných hodnot v našem případě měla vliv hodnota tažnosti tkaniny a hodnoty žmolkování.

5.5 Statistické zpracování výsledků měření

5.5.1 Základní výběrové charakteristiky, oboustranný konfidenční interval a základní testy hypotéz

U měření vláken, která byla prováděna ve VÚV Brno (hustota, jemnost, oděr ve smyčce, úhel zotavení, sráživost) a v ÚMCH Praha (rychlost šíření zvuku), mohly být vypočteny statistické charakteristiky a provedeny testy. Z dalších měření vláken byly k dispozici pouze průměrné hodnoty, takže statistické zpracování nebylo možné.

Z důvodů přehlednosti výsledků jednotlivých metod obsahují proto tabulky X - XV průměrné hodnoty (pouze u hodnot

pevnosti a tažnosti jsou uvedeny variační koeficienty). Hodnoty základních výběrových charakteristik (směrodatné odchylky, variační koeficienty) a oboustranných konfidenčních intervalů jednotlivých měření obsahují tabulky XXVII - XXIX, výsledky F testu a t testu jsou obsaženy v tabulkách XXX - XXXIII (viz příloha).

5.5.2 Korelace strukturních parametrů a vlastností

V kapitole 5.1 byly uvedeny parametry charakterizující strukturu nemodifikovaného polyesterového vlákna TESIL 12 a modifikovaného polyesterového vlákna TESIL 22, řezací i trhací kabel. V kapitole 5.2 jsou uváděny výsledky měřených vlastností těchto vláken. Vzhledem k tomu, že úkolem kandidátské disertační práce bylo stanovení vlivu modifikace (chemické i fyzikální) na změnu struktury a vlastností, byl proveden pokus nalézt ty vlastnosti, které by bylo možno vyjádřit jako funkci strukturních parametrů. Jako strukturní parametry byly použity krystalický podíl a faktor orientace (vypočítaný z dvojzlomu), které zahrnují typické strukturní parametry. Sledované vlastnosti byly korelovány s těmito parametry zvlášť pro vlákno TESIL 12 a zvlášť pro vlákno TESIL 22. Výsledky korelačních koeficientů a parciálních korelačních koeficientů obsahuje tabulka XXXIV. Pro ověření, zda vypočítané koeficienty korelace (parciální koeficienty korelace) jsou výsledkem závislosti mezi šetřenými veličinami, byl vypočítán tzv. kritický koeficient korelace (parciální kritický koeficient korelace) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka XXXIV Korelace strukturních parametrů
a vlastností PES vláken

Vlastnost	TESIL 12			TESIL 22	
	Strukturní parametr				
		β	f_o	β	f_o
tažnost	r	0,455	-0,304	-0,584	-0,292
	r_p	-0,369	-0,106	0,633	-0,409
pevnost	r	0,001	0,423	-0,239	0,699
	r_p	-0,260	0,485	0,269	0,708
deformační práce	r	0,229	-0,066	-0,692	-0,256
	r_p	0,226	0,053	0,736	-0,421
počáteční modul	r	0,425	0,146	-0,131	-0,110
	r_p	-0,573	0,445	0,139	-0,120
úhel zotavení	r	0,373	-0,258	0,618	-0,276
	r_p	-0,293	-0,094	-0,625	-0,298
odolnost v chybu	r	-0,718	0,393	-0,750	-0,332
	r_p	0,656	0,072	0,821	-0,579
oděr ve smyčce	r	-0,675	0,149	-0,665	-0,443
	r_p	0,698	-0,279	0,777	-0,655
sráživost	r	-0,181	0,328	-0,249	0,602
	r_p	0,026	0,279	0,262	0,606

$r_{krit} = 0,533$	$(n = 14, \alpha = 0,05)$
$r_p krit = 0,549$	$(n = 14, \alpha = 0,05)$

Porovnáním vypočítaných korelačních koeficientů s kritickým koeficientem korelace se pouze u některých vlastností potvrzují empiricky známé či předpokládané závislosti. Je třeba zdůraznit, že soubor je vytvořen v podstatě ze dvou původních vláken, která jsou v průběhu textilního zpracování postupně vystavena různým stupňům a způsobům namáhání.

Z uvedené tabulky korelací vyplývají tyto závěry: Korelace mezi tažností a orientací je nevýznamná, i když při sledování vzorků s různými dlouhými poměry lze prokázat téměř funkční závislost (viz /1, 98/). Na rozdíl od toho jsou některé korelace významné, např. pevnost (především u TESILU 22) roste s orientací (viz /98, 100, 101/). Deformační práce souvisí u TESILU 12 především s orientací, zatímco u TESILU 22 s krystalickým podílem. Rozdíly mezi vlákny zřejmě souvisejí s rozdílným limitním viskozitním číslem, schopností krystalizace a orientací. Oděr ve smyčce i odolnost v ohybu s rostoucím krystalickým podílem u obou vláken klesá (viz /22, 69/).

U TESILU 22 souvisí úhel zotavení s krystalickým podílem, zatímco sráživost souvisí s orientací (viz /69/).

5.5.3 Korelace vybraných vlastností

Odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu a úhel zotavení jako funkce modulu D_1

Byla nalezena významná korelační závislost modulu D_1 a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a úhlu zotavení (tabulka XXXV).

Tabulka XXXV Korelace modulu D_1 a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu, úhlu zotavení

	Modul D_1	
	TESIL 12	TESIL 22
Odolnost proti oděru ve smyčce	0,788	0,752
Odolnost v ohybu	0,938	0,905
Úhel zotavení	-0,642	-0,763
$r_{krit} = 0,553$ (pro TESIL 12, $n = 13$, $\alpha = 0,05$) $r_{krit} = 0,602$ (pro TESIL 22, $n = 11$, $\alpha = 0,05$) $r_{krit} = 0,533$ ($n = 14$, $\alpha = 0,05$)		

Odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu a pevnost jako funkce limitního viskozitního čísla

Byly nalezeny rovněž významné korelace limitního viskozitního čísla a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a pevnosti (tabulka XXXVI).

Tabulka XXXVI Korelace limitního viskozitního čísla a odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a pevnosti

	Modul D_1	
	TESIL 12	TESIL 22
Odolnost proti oděru ve smyčce	0,780	0,677
Odolnost v ohybu	0,553	0,577
Pevnost	-0,680	-0,127
$r_{krit} = 0,533$ ($n = 14$, $\alpha = 0,05$)		

Odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu
jako funkce úhlu zotavení a pevnosti

Výsledky uvedené v tabulce XXXVII ukazují, že až na jednu hodnotu (-0,566 u pevnosti) jsou korelace nevýznamné, ve shodě s předpoklady.

Tabulka XXXVII Korelace úhlu zotavení, resp. pevnosti,
a odolnosti proti oděru ve smyčce,
odolnosti v ohybu

	Úhel zotavení		Pevnost	
	TESIL 12	TESIL 22	TESIL 12	TESIL 22
Odolnost proti oděru ve smyčce	-0,387	-0,087	-0,566	-0,356
Odolnost v ohybu	-0,499	-0,071	-0,019	-0,147
$r_{krit} = 0,533$ ($n = 14, \alpha = 0,05$)				

6. Diskuse výsledků

V 5. kapitole byly výsledky měření strukturních parametrů a vlastností již krátce zhodnoceny. V této diskusní části je proto uvedeno celkové zhodnocení, které by mělo mít obecnější platnost.

6.1 Vliv jednotlivých textilních operací na strukturu a vlastnosti vláken

Vliv jednotlivých textilních operací na změnu struktury a vlastností vláken lze charakterizovat takto:

Trhání a paření

Trhání je zásadní odlišnou operací mezi trhacím a řezacím kabelem. Do struktury a vlastností vláken zasahuje dost podstatně - u trhání nastává deformace až do přetrhu vláken. Nebylo cílem této práce se zabývat podrobně touto operací (trhání podrobně popisuje např. práce /118/). Vliv trhání je názorně ukázán u pracovních křivek, kde hlavně u jejich 1. derivace je vidět vzrůst počátečního modulu a napřímění směrnice spojnice modulu 1. minima a 2. maxima (D_1). Vliv trhání potvrzuje vzrůst pevnosti, pokles tažnosti a deformační práce.

Vliv trhání byl také zaznamenán u obloučkových charakteristik, kdy po trhání poklesl počet obloučků a výrazně poklesl stupeň zkadeření.

Následující paření se u pracovních křivek projevuje u jejich 1. derivace poklesem počátečního modulu a modulu D_1 , poklesem pevnosti, vzrůstem tažnosti a deformační práce. Paření tedy vyrovnává rozdíly a nastává návrat do původního stavu.

Výsledky změn pevnosti, tažnosti a počátečního modulu jsou v souladu s pracemi /24, 117, 145/.

Posukování

Porovnáme-li stav původních vláken (kabelů) a posukova-

ných pramenů, je změna většiny jejich strukturních parametrů a vlastností nepatrná (statisticky nevýznamná). Malý pokles nastává pouze u hustoty a vzrůst u orientace vláken, což je v souladu s prací /109/.

Barvení

Vzhledem k tomu, že se jedná o výraznou tepelnou operaci, barvení vyvolává řadu změn jednotlivých strukturních parametrů (projevuje se výrazný růst hustoty, krystalického podílu a orientačního faktoru krystalické fáze) a vlastností (vzrůst teploty počátku rekrytalizace, pokles sráživosti, vzrůst úhlu zotavení a počátečního modulu), což je ve shodě s prací /145/.

Předení

Je to opět operace mechanického namáhání, není však tak výrazná jako trhání. Projevuje se změnou hlavně strukturních parametrů (pokles hustoty, krystalického podílu a faktoru orientace krystalické fáze; malý vzrůst dvojlohu, orientačních faktorů, rychlosti šíření zvuku a sonického modulu), ale i některých vlastností (roste sráživost, klesá úhel zotavení a nastává malý pokles tažnosti), což je v souladu s prací /109/.

Paření přize

Projevuje se analogický efekt jako u paření trhance. Jedná se zde o relaxaci pnutí vyvolaného předchozím předením. Opět se projevuje změna strukturních parametrů (malý pokles orientace a nepatrný vzrůst hustoty) a vlastností (vzrůst tažnosti, deformační práce, úhlu zotavení, pokles sráživosti a počátečního modulu), což je opět v souladu s prací /109/.

Tkaní

Dalo by se očekávat, že změny struktury i vlastností budou obdobné jako u předení; výsledky však ukazují, že zatímco toto očekávání je splněno pokud se jedná o strukturní pa-

rametry a některé ze sledovaných vlastností, u vlastností jiných toto očekávání splněno nebylo (sráživost se nezměnila, vzrostla tažnost, deformační práce a úhel zotavení, poklesl počáteční modul). Je třeba uvést, že podobné výsledky byly konstatovány i jinými autory /24, 109/. Teoretické zdůvodnění na základě těchto výsledků zatím podat nelze, zřejmě se zde uplatňují některé další vlivy těchto parametry nevystižené.

Úprava tkanin

Změny odpovídají tepelnému působení - roste hustota, teplota počátku rekrytalizace, klesá celková orientace; roste tažnost, deformační práce, klesá počáteční modul a sráživost. Na rozdíl od barvení se prakticky nemění úhel zotavení vláken. Přesto při fixaci tkanin dochází k výraznému vzrůstu úhlu zotavení tkanin, což je ve shodě s /1, 32, 69/.

Je tedy patrné, že fixace tkanin je významná ne z hlediska stabilizace vlastností vláken, ale z hlediska stabilizace struktury a vlastností finální tkaniny.

6.2 Vliv chemické a fyzikální modifikace na změny struktury a vlastností vláken během zpracování

TESIL 12 - TESIL 22

U obou vláken jsou změny struktury a vlastností během zpracování v podstatě analogické. Rovněž v průběhu zpracování nelze zásadně změnit charakter vlákna a jeho konečné vlastnosti ve tkanině jsou odrazem jeho počátečních vlastností. Proto je opodstatněné se zabývat vývojem takových metod, které již na vláknech charakterizují jeho užité vlastnosti ve tkanině. Takovou metodou je např. odolnost proti oděru ve smyčce či odolnost v ohybu, které charakterizují žmolovitost tkaniny.

Trhací kabel - řezací kabel

Rozdíly mezi řezacím a trhacím kabelem jsou podobné u TESI-LU 12 i 22. Trhací kabel (původní vzorek) má sice nižší jemnost, tažnost a nepatrně vyšší hodnotu LVČ, to je však způsobeno technologií přípravy (vyšší λ , vyšší teplota fixace). Výsledky ukazují, že se počáteční rozdíly v průběhu textilního zpracování mezi řezacím a trhacím kabelem téhož sortimentu ve většině případech vyrovnávají. Z hlediska konečných užitných vlastností tkaniny tedy není rozhodující, zda vycházíme z trhacího nebo řezacího kabelu (zvláště, když jsou oba typy výsledkem pouze fyzikální modifikace z jednoho nedlouženého vlákna) a volba technologie by měla být posuzována z hlediska ekonomiky obou postupů, avšak komplexně, nejen u výrobce (trhací kabel je mnohem citlivější na jakoukoli změnu výrobních parametrů než řezací kabel - LVČ atd.), ale i u odběratele (u trhacího kabelu odpadá přečesávání).

6.3 Obecná charakterizace změn struktury a vlastností vláken v průběhu textilního zpracování

V průběhu textilního zpracování jsou vlákna namáhána jak mechanicky, tak tepelně. U mechanického namáhání se v důsledku tahové deformace projevuje růst celkové orientace a pokles krystalického podílu. Deformaci nastává uspořádání makromolekul ve směru osy vlákna, takže napínání při deformaci způsobuje vyšší lineární orientaci molekul a řetězce paralelně ve směru napínání. U tepelného namáhání naopak dochází k růstu krystalického podílu, a tím i hustoty a k růstu orientace krystalické fáze. Vzrůst orientace krystalické fáze působením teploty lze vysvětlit tím, že vysocíe orientované oblasti amorfni fáze přecházejí do fáze krystalické a zvyšují průměr orientace krystalické fáze za současného snižování fáze amorfni.

Obecně tedy platí:

- mechanické namáhání - růst celkové orientace, dvojlomu, rychlosti šíření zvuku, sonického modulu, faktorů orientace amorfni fáze
- tepelné namáhání - růst hustoty, krystalického podílu, faktoru orientace krystalické fáze

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2.2, jsou orientační faktory počítány za předpokladu existence dvoufázového modelu (Samuels). Pokud přijmeme předpoklad o struktuře třífázové, vztah mezi změnami orientačních faktorů a mechanickými vlastnostmi nelze tak jednoznačně interpretovat.

Strukturní parametry i vlastnosti lze rozdělit do čtyř skupin podle toho, jak se jejich hodnota v průběhu textilního zpracování mění:

- a) hodnota zůstává v podstatě konstantní v průběhu celého textilního zpracování (např. jemnost, pevnost, teplota tání, limitní viskozitní číslo)
- b) hodnota reaguje především na tepelné vlivy (např. hustota, teplota počátku rekrystalizace, úhel zotavení, sráživost)
- c) hodnota reaguje především na mechanické namáhání (např. dvojlom, rychlost šíření zvuku, sonický modul, orientační faktory, sráživost, tažnost, deformační práce, počáteční modul)
- d) hodnota se plynule mění v průběhu zpracování (např. odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu, modul D_1)

6.4 Diskuse významných korelačních závislostí

Z naměřených souborů výsledků získaných z jednotlivých operací byly zjištěny některé zajímavé vztahy.

Byla dokázána významná závislost (u TESILU 12 i 22) mezi limitním viskozitním číslem (i přesto, že rozptyl hodnot LVČ je malý) a odolností proti oděru ve smyčce i odolností v ohybu, zatímco pevnost koreluje výrazně s LVČ jen u TESILU 12 (ve shodě s literaturou /22, 100, 101/).

Za důležité zjištění považujeme vztah mezi pevností vlákna a odolností proti oděru ve smyčce i odolností v ohybu. Již z uvedených výsledků měření závislosti těchto parametrů na zpracovatelských operacích plyne (a výpočet korelace to dokazuje), že není přímý vztah mezi pevností vlákna v tahu a odolností proti oděru ve smyčce i odolností v ohybu, i když jde v obou případech o sledování ultimativních vlastností. Zatímco tedy pevnost se v průběhu textilního zpracování nemění nebo nepatrně roste, odolnost proti oděru ve smyčce i odolnost v ohybu klesají až na 60 - 70 % výchozí hodnoty. To je asi také důvod vysoké korelace mezi krystalickým podílem a odolností, neboť v průběhu zpracování krystalický podíl postupně roste (vliv tepelných operací). Vysvětlení, proč v některých případech není přímá souvislost mezi změnou pevnosti v tahu a odolností vlákna v ohybu podal Vaniček a kol. /22/. Při namáhání vlákna v tahu i v ohybu dochází ke vzniku a růstu mikrotrhlin, které postupně narůstají až dosáhnou kritické hodnoty a vlákno se přeruší. Zatímco při namáhání v tahu je růst trhlin ovlivněn i měnicí se orientací během deformace, při namáhání ohybem závisí především na výchozí orientaci vlákna.

Jediný parametr pracovní křivky, který koreluje s odolností proti oděru ve smyčce i odolností v ohybu, je modul D_1 ,

který charakterizuje rychlost změny modulu v oblasti středních deformací 10 - 20 %. Zajímavé je, že s tímto modulem koreluje rovněž i úhel zotavení (ale s opačnou směrnici). Textilní zpracování tedy vede ke snížení odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a ke zvýšení úhlu zotavení. Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že při sledování odolnosti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu i úhlu zotavení se jedná o oblast velkých deformací v ohybu. Při deformaci v ohybu vlákna přes drátek nebo přes druhé vlákno nebo přes planžetu se jeho vnitřní část stlačuje a vnější vrstvy deformují. Velikost deformace vnějšího povrchu je dána vztahem

$$\xi = \frac{m}{r} \quad (12)$$

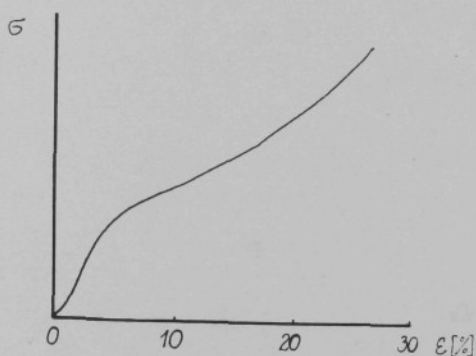
kde m je poloměr vlákna a r je poloměr křivosti.

Např. deformace vnějšího povrchu u vlákna o průměru 20 μm při ohýbání přes drátek o průměru 40 μm je 33 %.

Z předchozí diskuse tedy vyplynulo, že modul D_1 má vztah k důležitým užitným vlastnostem, jako je žmolkovitost a mac-kavost. Pro tyto uvedené vlastnosti má rozhodující vliv oblast středních deformací (od 10 do 20 %) a již méně informací poskytují pouze ultimativní vlastnosti pracovní křivky (pevnost, tažnost). Proto lze považovat hodnocení pracovní křivky a jejích derivací za velmi efektivní způsob hodnocení vlastností vlákna a porovnání jednotlivých typů vláken.

Z hlediska snížení odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a zvýšení úhlu zotavení se jeví jako ideální tvar křivky podle obr. 45. Za těchto podmínek by vlákno vykazovalo jak nejlepší zotavovací vlastnosti, tak i žmolkovitost.

Obr. 45 Ideální tvar pracovní křivky vlákna z hlediska snížení odolnosti proti oděru ve smyčce, odolnosti v ohybu a zvýšení úhlu zotavení



Malá strmost křivky ve střední oblasti deformací příznivě ovlivňuje jak mačkavost, tak i žmolkovitost, avšak žmolkovitost je výrazně ovlivněna také složením použitého kopolyesteru (molekulová hmotnost, způsob modifikace). Při tomto tvaru pracovní křivky by bylo možno dosáhnout poměrně nízké žmolkovitosti i při relativně vysoké pevnosti, což je z hlediska užitných vlastností ideální stav (trvanlivá ne-žmolkující tkanina).

7. Závěr

Cílem kandidátské disertační práce bylo sledovat změnu struktury a vlastností polyesterových vláken v průběhu textilního zpracování.

Změny byly sledovány u vláken lišících se chemickou modifikací (nemodifikovaný TESIL 12, modifikovaný TESIL 22) a fyzikální modifikací (řezací kabel, trhací kabel).

Byly hodnoceny změny strukturních parametrů a vlastností vláken po těchto textilních operacích: posukování, barvení, předení, paření, tkaní, úpravě.

Byly hodnoceny tyto strukturní parametry: hustota a krystalický podíl, dvojlom, rychlost šíření zvuku a sonický modul, orientační faktor krystalické fáze, orientační faktor amorf- ní fáze, faktory celkové orientace.

Byly hodnoceny tyto vlastnosti: jemnost, délka vláken, pevnost, tažnost, deformační práce, počáteční modul a modul D_1 , odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu, úhel zotavení, sráživost, povrchové oligomery, teplota tání, teplota počátku rekrystalizace, limitní viskozitní číslo.

Z naměřených výsledků a provedeného rozboru vyplynuly tyto závěry:

- průběh textilního zpracování lze považovat za soubor procesů vyvolávajících mechanické a tepelné namáhání
- některé vlastnosti se v průběhu zpracování nemění (limitní viskozitní číslo, pevnost, jemnost atd.), některé reagují více na mechanické namáhání (např. celková orientace, tažnost, počáteční modul, sráživost), jiné reagují na tepelné operace (např. hustota, teplota počátku rekrystalizace, úhel zotavení), některé se mění téměř spojitě (např. odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu)

- rozdíly mezi výchozími vlákny dané chemickou modifikací se v průběhu zpracování zachovávají a mají dopad až na užité vlastnosti tkanin
- změny vyvolané fyzikální modifikací se ve většině případech v průběhu zpracování stírají a zásadním způsobem neovlivní konečné užité vlastnosti tkaniny (volba technologie by měla být dána pouze ekonomikou výroby plošných textilií)

Naštěstí pro výrobce i zpracovatele je možné považovat proces zpracování za jakési zušlechťování vlákna z hlediska jeho užitných vlastností, neboť jeho odolnost proti oděru ve smyčce i odolnost v ohybu klesá o třetinu a úhel zotavení roste o třetinu. Z tohoto hlediska by zkracování technologického procesu mohlo naopak vést ke zhoršení užitných vlastností vláken.

Z hlediska prognózy užitných vlastností má největší vypovídající schopnost deformační křivka (pracovní křivka), kde především odolnost proti oděru ve smyčce, odolnost v ohybu a úhel zotavení mohou mít vztah k tvaru deformační křivky v oblasti středních deformací.

8. Konkrétní závěry pro realizaci ve společenské praxi

I když jsou výchozí vlastnosti trhacího kabelu odlišné od řezacího, operacemi trhání a paření se tyto vlastnosti obou navzájem přiblíží. Pokud však zpracováváme souběh trhacího kabelu ve formě stříže, lze očekávat na základě zjištěných výsledků zhoršení užitečných vlastností výrobků, tedy vyšší žmolkovitost a větší mačkavost.

Zvážíme-li navíc, že vlákna s vyšší orientací, jaká jsou v trhacím kabelu, mají i horší barvitelnost, potom lze perspektivu vidět ve výrobě řezacích kabelů a z nich nutně vyráběného souběhu stříže.

Navrhujeme dále ověřit vlákno s nízkým modulem ve střední oblasti deformace (např. vlákno s nižším dloužením a tudíž vyšší tažností). Takovéto vlákno by mohlo vést ke zjednodušení technologického procesu a k úspoře energie v průběhu jeho výroby, ke zlepšení barvitelnosti při zpracování a snížení žmolkovitosti i zlepšení nemačkavosti u uživatele.

Příloha

Tabulka VI Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek	ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	β ($^{\circ}$)	c ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	E (GPa)	Δn ($^{\circ}$)	f_{α} ($^{\circ}$)	f_0 ($^{\circ}$)
TESIL 12 řezací kabel	K	1 383,3	0,423	2,22	6,82	0,608	0,738
	PoP	1 383,4	0,424	2,35	7,64	0,650	0,742
	BP	1 390,6	0,485	2,32	7,49	0,641	0,713
	NP	1 389,2	0,473	2,46	8,41	0,681	0,735
	PaP	1 390,0	0,480	2,39	7,94	0,662	0,727
	RT	1 387,5	0,459	2,47	8,47	0,683	0,731
	UT	1 391,1	0,489	2,30	7,36	0,635	0,709
TESIL 12 trhací kabel	K	1 383,5	0,425	2,34	7,58	0,647	0,749
	PoP	1 382,3	0,415	2,49	8,57	0,688	0,738
	BP	1 390,2	0,481	2,43	8,21	0,673	0,742
	NP	1 388,9	0,471	2,50	8,68	0,691	0,745
	PaP	1 389,1	0,472	2,39	7,94	0,662	0,720
	RT	1 387,8	0,461	2,50	8,67	0,691	0,745
	UT	1 391,3	0,491	2,27	7,17	0,625	0,742

Tabulka VII Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 22, odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek	ρ (kg.m^{-3})	β (-)	c (km.s^{-1})	E (GPa)	Δn (-)	f_{ω} (-)	f_o (-)
TESIL 22 řezací kabel	K	1 383,4	0,424	2,39	7,90	0,203	0,662
	Pop	1 382,8	0,419	2,39	7,90	0,205	0,662
	BP	1 391,1	0,489	2,31	7,42	0,197	0,638
	NP	1 389,8	0,478	2,47	8,48	0,207	0,683
	PaP	1 390,6	0,485	2,31	7,42	0,199	0,638
	RT	1 388,3	0,466	2,50	8,68	0,203	0,691
	UT	1 393,1	0,506	2,30	7,37	0,202	0,635
TESIL 22 trhací kabel	K	1 384,2	0,431	2,44	8,24	0,211	0,675
	Pop	1 383,5	0,425	2,46	8,37	0,208	0,681
	BP	1 390,1	0,481	2,42	8,14	0,207	0,670
	NP	1 389,7	0,477	2,46	8,41	0,218	0,681
	PaP	1 389,0	0,471	2,26	7,09	0,209	0,622
	RT	1 387,9	0,462	2,49	8,61	0,217	0,688
	UT	1 392,1	0,497	2,34	7,62	0,214	0,647

Tabulka VIII Hodnoty strukturních parametrů vzorků PES vláken TESIL 12 a TESIL 22, odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek		$\sin^2 \Phi_{(010)}$	$\sin^2 \Phi_{(100)}$	f_c	f_a
TESIL 12 řezací kabel	K	0,0340	0,0333	0,903	0,750
	PoP	0,0416	0,0539	0,862	0,780
	BP	0,0295	0,0553	0,878	0,722
	NP	0,0549	0,0766	0,811	0,812
	PaP	0,0415	0,0610	0,852	0,769
TESIL 12 trhací kabel	K	0,0385	0,0515	0,870	0,888
	PoP	0,0319	0,0744	0,847	0,781
	BP	0,0249	0,0722	0,861	0,791
	NP	0,1212	0,0984	0,683	0,923
	PaP	0,0528	0,0635	0,832	0,768
TESIL 22 řezací kabel	K	0,0391	0,1103	0,786	0,819
	PoP	0,0341	0,0580	0,868	0,783
	BP	0,0307	0,0469	0,888	0,722
	NP	0,0566	0,0774	0,807	0,851
	PaP	0,0368	0,0656	0,853	0,763
TESIL 22 trhací kabel	K	0,0292	0,0674	0,861	0,827
	PoP	0,0326	0,0624	0,863	0,805
	BP	0,0197	0,0489	0,902	0,782
	NP	0,0562	0,0756	0,810	0,925
	PaP	0,0295	0,0650	0,864	0,821

Poznámka: Všechny parametry v tabulce jsou bezrozměrné.

Tabulka IX Hodnoty hustot a krystalických podílů sady vzorků režných tkanin, fixovaných ve volném stavu při různé teplotě

TESIL 12 (řezací kabel)		
T ($^{\circ}\text{C}$)	ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	β (-)
150	1 387,7	0,461
160	1 389,8	0,478
170	1 391,6	0,493
180	1 394,0	0,513
190	1 396,5	0,534
200	1 399,2	0,556
b_1	0,229	0,002
b_0	1 353,1	0,173
r_k	0,998	0,998

b_1, b_0 - koeficienty lineární regrese

r_k - koeficient korelace

Tabulka X Hodnoty jemnosti a parametrů pracovních křivek vzorků PES vláken
TESIL 12, odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek		Tt (tex)	σ (mN)	VK (%)	σ rel. (mN.tex ⁻¹)	ε (%)	VK (%)	A (mJ.tex ⁻¹)	E ₀₋₁ (N.tex ⁻¹)	D ₁ (-)
TESIL 12		K	173,2	13	393,6	38,4	30	0,97	3,08	16,14
		PoP	184,5	11	429,1	37,8	17	1,00	3,09	13,87
		BP	191,6	10	445,6	40,4	20	1,08	3,89	10,15
		NP	175,8	5	399,4	35,3	20	0,83	3,81	8,22
		PaP	176,0	6	400,1	34,6	24	0,83	3,90	-
		RT	178,3	11	400,9	38,8	17	0,91	3,58	7,38
		UT	182,4	13	405,3	42,7	17	1,00	2,91	5,38
		K	197,5	9	470,2	33,9	20	0,90	3,41	16,97
		PoP	194,9	12	487,2	36,4	14	0,91	3,50	12,93
trhací kabel		BP	195,7	11	489,2	38,6	11	0,98	4,27	8,85
		NP	196,5	11	491,2	36,3	11	0,89	4,16	8,32
		PaP	199,1	13	474,0	38,8	10	0,94	3,79	8,29
		RT	193,6	15	478,0	41,9	19	1,07	3,82	6,03
		UT	194,6	15	480,6	44,1	16	1,14	3,40	4,56

- hodnota nebyla stanovena

Tabulka XI Hodnoty jemnosti a parametrů pracovních křivek vzorků PES vláken TESIL 22

Vzorek		Tt (tex)	σ (mN)	VK (%)	σ rel. (mN.tex ⁻¹)	ε (%)	VK (%)	A (mJ.tex ⁻¹)	E ₀ (N.tex ⁻¹)	D ₁ (-)
řezací kabel	K	0,35	115,8	7	330,8	38,0	28	0,95	3,88	19,52
	Pop	0,34	116,0	10	341,2	38,7	27	0,98	3,88	15,61
	BP	0,35	111,6	9	318,9	32,9	38	0,74	4,00	13,03
	NP	0,34	112,1	11	329,8	30,1	26	0,67	4,30	11,36
	PaP	0,34	106,3	15	312,7	27,5	29	0,58	4,01	-
	RT	0,36	107,5	15	298,5	29,8	31	0,60	3,66	10,48
	UT	0,36	111,8	15	310,7	30,7	22	0,61	3,27	5,88
trhací kabel	K	0,34	123,4	8	363,0	33,9	22	0,85	3,49	18,97
	Pop	0,32	126,3	9	394,7	29,2	15	0,62	4,10	-
	BP	0,32	126,6	10	395,8	29,3	13	0,63	4,46	10,34
	NP	0,33	121,6	10	368,4	26,7	17	0,53	3,85	-
	PaP	0,32	121,5	12	379,5	27,4	16	0,57	4,26	9,75
	RT	0,33	124,8	13	383,9	29,6	15	0,62	3,89	7,76
	UT	0,33	119,8	12	363,1	31,2	18	0,63	3,29	5,49

TESIL 22

- hodnota nebyla stanovena

Tabulka XII Hodnoty ostatních mechanických parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek	Oděr vláken ve smyčce (počet cyklů)	Odolnost vlá- ken v ohybu (počet kyvů)	Relativní ohyb (počet kyvů.tex ⁻¹)	Úhel zotavení vláken z ohybu (°)
K PoP BP NP PaP RT UT	1 661	4 996	11 355	104
	1 562	4 427	10 295	102
	1 423	4 308	10 019	123
	1 310	3 593	8 166	77
	1 349	3 500	7 955	78
	1 268	3 450	7 753	136
	1 157	2 708	6 018	136
K PoP BP NP PaP RT UT	1 505	4 906	11 681	81
	1 178	4 622	11 555	99
	1 061	4 290	10 725	120
	972	3 648	9 120	94
	980	3 335	7 940	106
	1 095	2 882	7 116	134
	908	2 617	6 462	138

TESIL 12

řezací kabel

trhací kabel

Tabulka XIII Hodnoty ostatních mechanických parametrů vzorků PES vláken TESIL 22

Vzorek		Oděr vláken ve smyčce (počet cyklů)	Odolnost vlá- ken v ohybu (počet kyvů)	Relativní ohyb (počet kyvů.tex ⁻¹)	Úhel zotavení vláken v ohybu
TESIL 22 řezací kabel trhací kabel	K	1 029	1 977	5 649	93
	PoP	777	1 697	4 991	80
	BP	718	1 629	4 654	113
	NP	694	1 492	4 388	82
	PaP	687	1 443	4 244	84
	RT	683	1 689	4 692	111
	UT	613	1 314	3 650	116
	K	709	1 820	5 353	59
	PoP	617	1 690	5 281	72
	BP	553	1 485	4 641	110
	NP	511	1 469	4 452	77
	PaP	542	1 347	4 209	86
	RT	640	1 079	3 320	105
	UT	560	1 040	3 152	108

Tabulka XIV Hodnoty fyzikálně chemických parametrů vzorků PES vláken TESIL 12, odebraných z vlnářského technologického procesu

TESIL 12			T_{rc} (° C)	T_m (° C)	Sráživost horký vzduch 160° C (%)	LVČ (cm ³ .g ⁻¹)
trhací kabel	řezací kabel	K	137,7	257,4	1,4	65,1
		PoP	138,9	257,4	1,9	64,4
		BP	156,7	256,6	0,2	64,7
		NP	157,2	256,5	3,3	65,1
		PaP	157,7	255,1	1,7	64,9
		RT	157,5	255,2	1,6	64,2
		UT	173,5 o ⁺	254,6	0,7	63,3
		K	139,7	256,1	1,4	64,2
		PoP	135,7	257,0	2,1	63,8
		BP	157,5	256,4	0,4	63,4
řezací kabel	trhací kabel	NP	158,6	257,1	3,5	63,5
		PaP	161,1	255,9	2,9	63,4
		RT	158,0	255,6	2,8	62,5
		UT	181,7 o ⁺	254,3	1,0	63,2

o⁺ - osnova, tkanina byla fixována za napětí

Tabulka XV Hodnoty fyzikálně chemických parametrů vzorků PES vláken TESIL 22

Vzorek		T_{rc} (° C)	T_m (° C)	Sráživost horký vzduch 160° C (%)	LVČ (cm ³ .g ⁻¹)
TESIL 22	řezací kabel	K	138,3	1,4	58,6
		PoP	138,2	1,9	58,4
		BP	156,2	0,2	57,6
		NP	159,6	2,6	57,1
		PaP	157,9	1,5	57,1
		RT	157,2	1,4	56,6
		UT	182,4 o ⁺	0,8	57,7
	trhací kabel	K	136,8	1,4	57,6
		PoP	140,1	1,9	57,1
		BP	158,2	0,2	57,2
		NP	157,2	3,4	57,1
		PaP	157,2	2,4	57,1
		RT	158,0	2,4	56,4
		UT	181,5 o ⁺	1,0	57,2

o⁺ -osnova, tkanina byla fixována za napětí

Tabulka XVI Hodnoty délky vláken vzorků PES vláken po řezání, trháni a posukování

Vzorek	Četnostní stapl H (mm)	VK (%)	Váhový stapl B (mm)	VK (%)	1 % (mm)	5 % (mm)	40 mm (%)	25 mm (%)
TESIL 12	Ř	62,1	51	32	115	99	23	20
	PoP	77,3	38	22	126	108	10	7
	PT	79,7	52	34	56	141	18	10
	PoP	82,6	50	33	159	143	13	6
TESIL 22	Ř	61,2	59	32	122	110	29	23
	PoP	81,1	38	23	139	121	7	5
	PT	70,1	55	36	146	130	24	11
	PoP	70,6	56	39	150	132	23	10

VK - variační koeficient

Tabulka XVII Hodnoty obloučkových charakteristik vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek			Počet obloučků na 1 cm	Stupeň zkadeření (%)	Stálost zkadeření (%)
TESIL 12	řezací kabel	K	6	6	61
		Ř	5	6	53
		PoP	5	4	58
		BP	4	-	-
		NP	3	-	-
		PaP	4	-	-
	trhací kabel	K	6	17	75
		NT	5	8	77
		PT	6	4	87
		PoP	5	3	81
		BP	4	-	-
		NP	2	-	-
		PaP	3	-	-
TESIL 22	řezací kabel	K	6	7	50
		Ř	5	4	54
		PoP	4	3	67
		BP	3	-	-
		NP	2	-	-
		PaP	4	-	-
	trhací kabel	K	6	13	70
		NT	4	3	66
		PT	6	3	81
		PoP	5	3	67
		BP	2	-	-
		NP	2	-	-
		PaP	3	-	-

- hodnota nebyla stanovena

Tabulka XIX Hodnoty fyzikálních mechanických vlastností 100 % PES přízi

Zkoušky	TESIL 12		TESIL 22	
	řezací kabel	trhací kabel	řezací kabel	trhací kabel
jemnost (tex)	25,30	25,45	25,25	26,10
počet zákrutů (z.m^{-1})	502	511	507	512
relativní pevnost v tahu (cN.tex^{-1})	23,10	25,60	17,70	21,50
variační koeficient pevnosti (%)	30	18	16	12
tažnost (%)	19,3	21,4	14,8	17,8
variační koeficient tažnosti (%)	15	8	10	9
USTER - hmotná nestejnoměrnost				
CV (%)	19,2	16,2	18,3	15,4
U (%)	15,3	12,9	14,7	12,4
čistota USTER - IMPERFECTION				
- slabá místa na 1000 m	27,0	7,4	12,0	1,6
- silná místa na 1000 m	16,8	4,0	19,0	4,0
- nopky na 1000 m	19,6	8,0	40,4	10,0

Tabulka XX Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin;
plátnová vazba

Vzorek	Dostava (počet nití na 1 cm) osnova - útek		Tloušťka (mm)	Plošná hmotnost (g.m^{-2})	Pevnost v tahu (N) osnova - útek		Tažnost (%) osnova - útek
TESIL 12 trhací kabel	RT	19	17	0,3	196	1 356 1 128	35,2 31,1
	UT	19	17	0,4	197	1 409 1 216	33,5 32,9
	RT	19	17	0,3	196	1 304 1 144	34,2 31,9
	UT	19	17	0,4	202	1 300 1 275	35,1 31,5
TESIL 22 trhací kabel	RT	19	17	0,3	194	1 006 872	27,9 24,8
	UT	19	17	0,4	187	1 115 1 011	27,0 25,2
	RT	19	17	0,3	202	1 104 1 052	31,4 27,6
	UT	19	17	0,4	199	1 115 1 060	27,6 25,9

Tabulka XXI Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin;
keprová vazba (církas)

Vzorek	Dostava (počet nití na 1 cm) osnova - útek		Tloušťka (mm)	Plošná hmotnost (g.m ⁻²)	Pevnost v tahu (N) osnova - útek		Tažnost (%) osnova - útek			
TESIL 12	řezací kabel	RT	23	22	0,4	253	1 752	1 536	36,7	33,6
		UT	25	21	0,5	247	1 926	1 688	34,0	33,9
	trhací kabel	RT	22	21	0,4	259	1 596	1 448	34,9	33,4
		UT	25	21	0,5	260	1 794	1 631	32,5	32,1
TESIL 22	řezací kabel	RT	23	21	0,4	249	1 368	1 064	30,1	23,0
		UT	25	21	0,4	246	1 476	1 146	27,7	25,0
	trhací kabel	RT	23	23	0,5	261	1 420	1 132	30,1	25,5
		UT	25	21	0,5	256	1 496	1 285	26,1	25,9
TESIL 12 + trhací kabel	RT	25	21	0,5	264	1 732	1 570	36,2	33,2	
	UT	26	23	0,5	262	1 886	1 576	34,2	31,1	

+ liší se od ostatních zaplněním

Tabulka XXII Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin;
plátnová vazba

Vzorek	Odolnost proti pomačkání (úhel zotavení) (°)		Odolnost proti žmolkování (stupeň) 30/60/90/120 min		Odolnost proti posuvu nití ve švu (mm)		Nemačkovost AKU (stupeň) před/po odlehčení		Oděr na accelerometeru (%)	
	RT	UT	5	5	5	5	3,0	4		1
TESIL 12 trhací kabel			104							-
			158							1,7
	RT	UT	102							-
	UT		156							1,3
TESIL 22 trhací kabel			104							-
			157							1,8
	RT	UT	101							-
	UT		153							1,6

- hodnota nebyla stanovena

Tabulka XXIII Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin;
keprová vazba (církas)

Vzorek	Odolnost proti pomačkání (úhel zotavení) (°)	Odolnost proti žmolkování (stupeň) 30/60/90/120 min	Odolnost proti posuvu nití ve švu (mm)	Nemačkovost AKU (stupeň) před/po od- lehčení	Oděr na accelerotoru (%)
TESIL 12	RT	102	2,5	4	1
	UT	154	1,7	-	5
	RT	103	2,5	4	2
	UT	154	1,8	-	5
TESIL 22	RT	104	2,5	4	2
	UT	154	1,9	-	5
	RT	101	2,5	3	2
	UT	153	1,5	-	5
TESIL 12 + trhací kabel	RT	103	2,4	4	2
	UT	150	1,3	-	4

- hodnota nebyla stanovena
+ liší se od ostatních zaplněním

Tabulka XXIV Hodnoty fyzikálně mechanických a užitných vlastností PES tkanin;
plátnová vazba

Vzorek	Vzhled textilií po opakovaném praní (stupeň) před/1./3./5.praní	Tuhost a pružnost		Deformace vyboulením (%) ihned/po zotavení
		Moment ohybu (mN.cm) osnova - útek	Pružnost (%) osnova - útek	
TESIL 12 trhací kabel	RT	11,2	93,8	41,1
	UT	4,7	98,1	31,6
	RT	10,0	93,4	41,3
	UT	4,7	96,5	30,4
TESIL 22 trhací kabel	RT	9,7	91,6	43,4
	UT	4,1	97,6	34,6
	RT	9,7	93,2	42,3
	UT	3,9	97,4	30,8

- hodnota nebyla stanovena

Tabulka XXV Hodnoty fyzikálně mechanických a užitečných vlastností PES tkanin;
keprová vazba (církas)

Vzorek	Vzhled textilií po opakovaném praní (stupeň) před 1./3./5. praní	Tuhost a pružnost		Deformace vyboulením (%) ihned po zotavení							
		Moment ohybu (m N.cm) osnova - útek	Pružnost (%) osnova - útek								
TESIL 12 trhací řezací kabel	RT	3	1	-	13,7	14,4	93,2	93,7	44,2	31,7	
	UT	-	5	4	4	7,5	6,1	96,1	96,3	32,2	22,2
	RT	2	1	-	-	12,9	12,9	92,0	94,4	43,5	37,6
	UT	-	5	4	4	6,8	6,0	94,8	95,1	35,5	24,3
TESIL 22 trhací řezací kabel	RT	2	1	-	-	12,5	11,6	93,5	93,7	45,5	38,3
	UT	-	5	5	5	5,7	4,0	96,9	95,8	40,4	32,4
	RT	2	1	-	-	12,9	12,5	91,8	93,7	46,6	40,1
	UT	-	4	4	4	6,4	4,8	96,0	95,3	31,5	21,4
TESIL 12 + trhací kabel	RT	3	1	-	-	14,2	14,4	93,6	94,5	47,7	36,5
	UT	-	5	4	4	7,9	5,9	96,6	94,3	35,9	24,8

- hodnota nebyla stanovena
+ liší se od ostatních zaplněním

Tabulka XXVII Hodnoty základních výběrových charakteristik
vzorků PES vláken odebraných z vlnářského
technologického procesu

Vzorek			Hustota			Rychlost šíření zvuku		
			s	VK(%)	OKI	s	VK(%)	OKI
TESIL 12	řezací kabel	K	0,1296	0,01	$\pm 0,1$	0,1054	5	$\pm 0,08$
		PoP	0,2000	0,01	$\pm 0,2$	0,1441	6	$\pm 0,10$
		BP	0,2542	0,02	$\pm 0,2$	0,0802	3	$\pm 0,06$
		NP	0,1077	0,01	$\pm 0,1$	0,1373	6	$\pm 0,10$
		PaP	0,4062	0,03	$\pm 0,5$	0,1843	8	$\pm 0,13$
		RT	0,5477	0,04	$\pm 0,5$	0,0730	3	$\pm 0,05$
		UT	0,2697	0,02	$\pm 0,2$	0,1239	5	$\pm 0,09$
	trhací kabel	K	0,2887	0,02	$\pm 0,3$	0,1086	5	$\pm 0,08$
		PoP	0,1414	0,01	$\pm 0,2$	0,1273	5	$\pm 0,09$
		BP	0,2673	0,02	$\pm 0,2$	0,0801	3	$\pm 0,06$
		NP	0,1414	0,01	$\pm 0,2$	0,0929	4	$\pm 0,07$
		PaP	0,2449	0,02	$\pm 0,3$	0,1195	5	$\pm 0,09$
		RT	0,1606	0,01	$\pm 0,2$	0,0540	2	$\pm 0,04$
		UT	0,2981	0,02	$\pm 0,2$	0,1650	7	$\pm 0,12$
TESIL 22	řezací kabel	K	0,1414	0,01	$\pm 0,2$	0,0733	3	$\pm 0,05$
		PoP	0,3742	0,03	$\pm 0,3$	0,1674	7	$\pm 0,12$
		BP	0,2828	0,02	$\pm 0,3$	0,0803	3	$\pm 0,06$
		NP	0,2417	0,02	$\pm 0,3$	0,0713	3	$\pm 0,05$
		PaP	0,3977	0,03	$\pm 0,4$	0,0750	3	$\pm 0,05$
		RT	0,0812	0,01	$\pm 0,2$	0,0831	3	$\pm 0,06$
		UT	0,0953	0,01	$\pm 0,1$	0,1303	6	$\pm 0,09$
	trhací kabel	K	0,3162	0,02	$\pm 0,3$	0,0742	3	$\pm 0,05$
		PoP	0,5099	0,04	$\pm 0,5$	0,0930	4	$\pm 0,07$
		BP	0,2449	0,02	$\pm 0,3$	0,0506	2	$\pm 0,04$
		NP	0,2000	0,01	$\pm 0,3$	0,0959	4	$\pm 0,07$
		PaP	0,2828	0,02	$\pm 0,3$	0,0927	4	$\pm 0,07$
		RT	0,0824	0,01	$\pm 0,1$	0,1021	4	$\pm 0,07$
		UT	0,5270	0,04	$\pm 0,4$	0,1120	5	$\pm 0,08$

Tabulka XXVIII Hodnoty základních výběrových charakteristik vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek			Jemnost			Oděr ve smyčce		
			s	VK(%)	OKI	s	VK(%)	OKI
TESIL 12	řezací kabel	K	0,0497	11	$\pm 0,01$	385,5	23	± 64
		PoP	0,0395	9	$\pm 0,01$	301,6	19	± 86
		BP	0,0464	11	$\pm 0,01$	171,2	12	± 52
		NP	0,0334	8	$\pm 0,01$	174,2	13	± 52
		PaP	0,0410	9	$\pm 0,01$	178,9	13	± 51
		RT	0,0482	11	$\pm 0,01$	210,1	17	± 45
		UT	0,0488	11	$\pm 0,01$	152,7	13	± 31
	trhací kabel	K	0,0654	16	$\pm 0,02$	259,7	17	± 74
		PoP	0,0642	16	$\pm 0,02$	229,9	20	± 55
		BP	0,0470	12	$\pm 0,01$	223,3	21	± 52
		NP	0,0480	12	$\pm 0,01$	207,7	21	± 46
		PaP	0,0434	10	$\pm 0,01$	288,3	29	± 62
		RT	0,0410	10	$\pm 0,01$	156,1	14	± 32
		UT	0,0431	11	$\pm 0,01$	127,1	14	± 27
TESIL 22	řezací kabel	K	0,0298	9	$\pm 0,01$	268,7	33	± 55
		PoP	0,0332	10	$\pm 0,01$	114,8	20	± 33
		BP	0,0316	9	$\pm 0,01$	154,0	21	± 45
		NP	0,0355	10	$\pm 0,01$	171,4	25	± 49
		PaP	0,0390	11	$\pm 0,01$	155,5	23	± 44
		RT	0,0386	11	$\pm 0,01$	139,3	20	± 24
		UT	0,0420	12	$\pm 0,01$	115,7	19	± 28
	trhací kabel	K	0,0311	9	$\pm 0,01$	187,7	26	± 57
		PoP	0,0265	8	$\pm 0,01$	196,9	32	± 40
		BP	0,0271	8	$\pm 0,01$	207,4	38	± 31
		NP	0,0362	11	$\pm 0,01$	178,8	35	± 30
		PaP	0,0411	13	$\pm 0,01$	135,5	25	± 41
		RT	0,0343	10	$\pm 0,01$	132,0	21	± 26
		UT	0,0299	9	$\pm 0,01$	113,3	20	± 23

Tabulka XXIX Hodnoty základních výběrových charakteristik vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek			Sráživost			Úhel zotavení		
			s(%)	VK(%)	OKI(%)	s	VK(%)	OKI
TESIL 12	řezací kabel	K	0,83	62	$\pm 0,4$	11,54	11	± 8
		PoP	0,89	46	$\pm 0,4$	12,47	12	± 9
		BP	0,26	113	$\pm 0,1$	15,96	13	± 11
		NP	0,86	26	$\pm 0,4$	12,24	16	± 9
		PaP	0,52	30	$\pm 0,2$	9,15	12	± 7
		RT	0,94	60	$\pm 0,3$	7,83	6	± 4
		UT	0,40	57	$\pm 0,1$	8,46	6	± 4
	trhací kabel	K	0,34	23	$\pm 0,2$	8,72	11	± 7
		PoP	0,78	37	$\pm 0,8$	12,52	13	± 9
		BP	0,29	83	$\pm 0,1$	13,16	11	± 9
		NP	0,73	19	$\pm 0,4$	7,96	8	± 6
		PaP	1,27	46	$\pm 0,6$	10,50	10	± 8
		RT	0,63	22	$\pm 0,2$	18,65	14	± 9
		UT	0,48	47	$\pm 0,2$	9,50	7	± 5
TESIL 22	řezací kabel	K	0,58	42	$\pm 0,3$	15,69	17	± 11
		PoP	0,62	32	$\pm 0,3$	18,78	23	± 13
		BP	0,30	149	$\pm 0,1$	4,89	4	± 4
		NP	0,90	35	$\pm 0,4$	15,03	18	± 11
		PaP	0,75	51	$\pm 0,4$	19,89	24	± 14
		RT	0,71	51	$\pm 0,2$	8,32	8	± 4
		UT	0,39	48	$\pm 0,1$	7,00	6	± 3
	trhací kabel	K	0,71	50	$\pm 0,3$	13,35	23	± 10
		PoP	0,65	34	$\pm 0,3$	11,90	17	± 9
		BP	0,31	135	$\pm 0,1$	8,31	8	± 6
		NP	0,51	15	$\pm 0,2$	15,01	19	± 11
		PaP	0,84	35	$\pm 0,4$	18,23	21	± 13
		RT	0,53	21	$\pm 0,2$	7,18	7	± 3
		UT	0,32	33	$\pm 0,1$	9,71	9	± 5

Tabulka XXX Výsledky F a t testů vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek			Hustota		Rychlost šíření zvuku		Jemnost	
			F test	t test	F test	t test	F test	t test
TESIL 12	řezací kabel	K -PoP	+	+	+	-	-	-
		Pop-BP	+	-	+	+	+	+
		BP -NP	+	-	+	-	+	+
		NP -PaP	-	-	+	+	+	+
		PaP-RT	+	-	-	+	+	+
		RT -UT	+	-	+	-	+	+
		UT -K	+	-	+	+	+	+
	trhací kabel	K -PoP	+	-	+	-	+	+
		PoP-BP	+	-	+	+	+	+
		BP -NP	+	-	+	+	+	+
		NP -PaP	+	+	+	-	+	+
		PaP-RT	+	-	+	-	+	+
		RT -UT	+	-	-	-	+	+
		UT -K	+	-	+	+	+	+
TESIL 22	řezací kabel	K -PoP	+	-	+	+	+	+
		PoP-BP	+	-	+	+	+	+
		BP -NP	+	-	+	-	+	+
		NP -PaP	+	-	+	-	+	+
		PaP-RT	+	-	+	-	+	+
		RT -UT	+	-	+	-	+	+
		UT -K	+	-	+	+	+	+
	trhací kabel	K -PoP	+	-	+	+	+	+
		PoP-BP	+	-	+	+	+	+
		BP -NP	+	-	+	-	+	+
		NP -PaP	+	-	+	-	+	+
		PaP-RT	-	-	+	-	+	+
		RT -UT	-	-	+	-	+	+
		UT -K	+	-	+	-	+	+

+ rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se neliší
 - rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se liší

Tabulka XXXI Výsledky F a t testů vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek			Sráživost		Úhel zotavení		Oděr ve smyčce	
			F test	t test	F test	t test	F test	t test
TESIL 12	řezací kabel	K -PoP	+	-	+	-	+	+
		PoP-BP	-	-	+	+	-	-
		BP -NP	-	-	+	+	+	-
		NP -PaP	+	-	+	-	+	+
		PaP-RT	-	+	+	+	-	-
		RT -UT	-	-	+	+	+	-
		UT -K	-	-	+	-	-	-
	trhací kabel	K -PoP	-	-	+	-	+	-
		PoP-BP	-	-	+	-	+	-
		BP -NP	-	-	+	-	+	-
		NP -PaP	+	-	+	-	-	+
		PaP-RT	-	+	-	-	-	-
		RT -UT	+	-	-	+	+	-
		UT -K	+	-	+	-	-	-
TESIL 22	řezací kabel	K -PoP	+	-	+	+	+	-
		PoP-BP	-	-	-	-	+	-
		BP -NP	-	-	-	-	+	+
		NP -PaP	+	-	+	+	+	+
		PaP-RT	+	+	-	-	+	+
		RT -UT	-	-	+	+	+	-
		UT -K	+	-	-	-	+	-
	trhací kabel	K -PoP	+	-	+	-	+	-
		PoP-BP	-	-	+	-	+	+
		BP -NP	+	-	+	+	+	+
		NP -PaP	+	-	+	+	+	-
		PaP-RT	+	+	-	-	+	-
		RT -UT	+	-	+	+	+	-
		UT -K	-	-	+	-	-	-

+ rozptýly, resp. střední hodnoty, obou souborů se neliší
 - rozptýly, resp. střední hodnoty, obou souborů se liší

Tabulka XXXII Výsledky F a t testů vzorků PES vláken odebranych z vlnářského technologického procesu

Vzorek		Hustota		Rychlost šíření zvuku		Jemnost	
		F test	t test	F test	t test	F test	t test
TESIL 12 - 22 řezací kabel	K -K	+	+	+	-	-	-
	PoP-PoP	-	-	+	+	+	-
	BP -BP	+	-	+	+	-	-
	NP -NP	-	-	-	+	+	-
	PaP-PaP	+	-	-	+	+	-
	RT -RT	-	-	+	+	+	-
	UT -UT	-	-	+	+	+	-
TESIL 12 - 22 trhací kabel	K -K	+	-	+	-	-	-
	PoP-PoP	-	-	+	+	-	-
	BP -BP	+	+	+	+	-	-
	NP -NP	+	-	+	+	-	-
	PaP-PaP	+	+	+	-	+	-
	RT -RT	+	+	-	+	+	-
	UT -UT	-	-	+	+	-	-
TESIL 12 řezací - trhací kabel	K -K	-	+	+	-	-	-
	PoP-PoP	+	-	+	-	-	-
	BP -BP	+	-	+	+	+	-
	NP -NP	+	-	+	+	-	-
	PaP-PaP	+	-	+	+	+	-
	RT -RT	-	+	+	+	+	-
	UT -UT	+	+	+	+	+	-
TESIL 22 řezací - trhací kabel	K -K	-	-	+	+	+	-
	PoP-PoP	+	-	-	+	+	-
	BP -BP	+	-	+	-	+	-
	NP -NP	+	+	+	+	+	-
	PaP-PaP	+	-	+	+	+	-
	RT -RT	+	-	+	+	+	-
	UT -UT	-	-	+	+	-	-

+ rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se neliší
 - rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se liší

Tabulka XXXIII Výsledky F a t testů vzorků PES vláken odebraných z vlnářského technologického procesu

Vzorek		Sráživost		Úhel zotavení		Oděr ve smyčce	
		F test	t test	F test	t test	F test	t test
TESIL 12 - 22 řezací kabel	K -K	+	+	+	+	-	-
	PoP-PoP	+	+	+	-	-	-
	BP -BP	+	+	-	+	+	-
	NP -NP	+	-	+	+	+	-
	PaP-PaP	+	+	-	+	+	-
	RT -RT	+	+	+	-	-	-
	UT -UT	+	+	+	-	-	-
TESIL 12 - 22 trhací kabel	K -K	-	+	+	-	-	-
	PoP-PoP	+	+	+	-	+	-
	BP -BP	+	+	+	-	+	-
	NP -NP	+	+	-	-	+	-
	PaP-PaP	-	+	+	-	-	-
	RT -RT	+	-	-	-	-	-
	UT -UT	-	+	+	-	+	-
TESIL 12 řezací - trhací kabel	K -K	-	+	+	-	-	-
	PoP-PoP	+	+	+	+	-	-
	BP -BP	+	+	+	+	-	-
	NP -NP	+	+	+	-	+	-
	PaP-PaP	-	-	+	-	-	-
	RT -RT	-	-	-	+	-	-
	UT -UT	+	-	+	+	-	-
TESIL 22 řezací - trhací kabel	K -K	+	+	+	-	-	-
	PoP-PoP	+	+	+	+	-	-
	BP -BP	+	+	+	+	-	-
	NP -NP	-	-	+	+	+	-
	PaP-PaP	+	-	+	-	+	-
	RT -RT	+	-	+	-	+	-
	UT -UT	+	+	+	-	+	-

+ rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se neliší
 - rozptyly, resp. střední hodnoty, obou souborů se liší

Použitá literatura

- /1/ MILITKÝ, J. a kol.: Modifikovaná PES vlákna. SNTL, Praha 1984
- /2/ HARTYCH, V., MAREŠ, J.: Sborník přednášek z XII. celostátní konference, Trenčín 1984
- /3/ POSPÍŠILOVÁ, L., HOŠEK, J.: Textil, 42, 1987, 4, s. 122
- /4/ PILLER, B., LEVINSKÝ, O.: Malá encyklopedie textilních materiálů. SNTL, Praha 1978
- /5/ VYHNÁLKOVÁ, L. a kol.: Chemická vlákna, II. díl, OS TEI, VÚV Brno 1974
- /6/ Pat. ČSAO 244 359.
- /7/ SEDLÁČEK, P., VANÍČEK, J.: Textil, 40, 1985, 9, s. 303
- /8/ SEDLÁČEK, P., TUZAR, Z.: Sborník přednášek z XVI. aktivu vláknářů, Tábor, květen 1987
- /9/ LUDEWIG, H.: Polyester Fasern. Chemie und Technologie. Akademie - Verlag, Berlin 1975
- /10/ JAMBRICH, M., DIAČIK, I.: Chemická vlákna, 32, 1982, 3, s. 153
- /11/ MILLER, R. W. a kol.: Text. Res. J., 53, 1983, 11, s. 670
- /12/ MILITKÝ, J. a kol.: Sborník přednášek ze XIV. konference "Vláknotvorné polymery", Štrbské Pleso, květen 1981
- /13/ JACOB, I., SCHRÖDER, H. R.: Chemiefasern, 30, 1980, s. 114
- /14/ PILLER, B.: Syntetická vlákna. SNTL, Praha 1967
- /15/ PETERLIN, A.: Man - Made Fibers, Vol. 1 (Ed. Mark H. F. Atlas S. M., Cernia E.)
- /16/ SCHAULER W., LISKA, E.: Faserforsch. u. Textiltech., 5, 1975, s. 225
- /17/ ROTH, W., SCHROTH, R.: Faserforsch. u. Textiltech., 11, 1960, 7, s. 312
- /18/ KOUKOL, L.: Sborník přednášek z XIII. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1978
- /19/ KOUKOL, L., KALOUSKOVÁ, V.: Die Angewandte Makromolekulare Chemie, 118, 1983, s. 105

- /20/ DIETRICH, V., VIETH, H.: Wissenschaftliche Zeitschrift Karl-Marx Stadt, 23, 1981, 2, s.113
- /21/ VANÍČEK, J. a kol.: Sborník přednášek z XII. konference "Vláknotvorné polymery", Štrbské Pleso, červen 1979
- /22/ VANÍČEK, J. a kol.: Chemické vlákna, 29, 1979, 1 - 2, s. 37
- /23/ VANÍČEK, J.: Kandidátská disertační práce, ÚMCH Praha, 1975
- /24/ MERGL, V.: Kandidátská disertační práce, VŠCHT Pardubice - VÚV Brno, 1981
- /25/ KOUKOL, L.: Kandidátská disertační práce, VŠCHT Pardubice, 1977
- /26/ MILITKÝ, J.: Práce k aspirantskému minimu, VŠST Liberec, 1980
- /27/ VANÍČEK, J.: Vlnářský informativní přehled, 34, 1984, 4, s. 27
- /28/ LACKO, V., RŮŽIČKA, J.: Sborník přednášek z XII. aktivity vláknářů, České Budějovice, květen 1976
- /29/ LACKO, V.: Chemické vlákna, 23, 1973, 2, s. 138
- /30/ BLAŽEJ, A., ŠUTÁ, Š.: Vlastnosti textilných vláken. Alfa, Bratislava 1982
- /31/ URBAŃCZYK, G. W.: Fizyka włókna - molekularna i nadmolekularna struktura włókna. WNT, Warszawa 1970
- /32/ PAJGRT, O., REICHSTÄDTER, B. a kol.: Polyesterová vlákna, SNTL, Praha 1973
- /33/ LACKO, V.: Výroba a vlastnosti polyesterových vláken. Alfa, Bratislava 1968
- /34/ SAMUELS, R. J.: Structured Polymer Properties. Intersc., A. Wiley, New York 1974
- /35/ STEIN, R. S. a kol.: Appl. Polymer Symp., 20, 1973, s. 335
- /36/ PREVORSEK, D. C. a kol.: Text. Res.J., 47, 1977, 1, s.43

- /37/ JAMBRICH, M.: Fyzikálne metódy pre výskum vláken.
Učebné texty. Bratislava 1971
- /38/ MEISSNER, B.: Fyzika polymerů. SNTL, Praha 1982
- /39/ YAMODERA, R., MURANO, M.: J. Polym. Sci., 5, 1967,
A1, s. 2259
- /40/ WARTEN, R. a kol.: J. Appl. Polym. Sci., 23, 1979, 11,
s. 3167
- /41/ HOLZMÜLLER, W., ALTENBURG, K.: Fyzika polymerů. SNTL,
Praha 1966
- /42/ DECHANT, J.: Ultrarotspektroskopische Untersuchungen
an Polymeren. Akademie Verlag,
Berlin 1972
- /43/ KALINOWSKI, J., URBĄCZYK, G. W.: Włókna chemiczne,
badania i właściwości. Warszawa
1963
- /44/ BLUNDEL, D. J. a kol.: Polymer, 22, 1981, s. 704
- /45/ JEZIORNY, A.: Przegląd włókienniczy, 36, 1982, 5,
s. 212
- /46/ STEIN, R. S., NORRIS, F. H.: J. Polym. Sci., 21,
1956, s. 381
- /47/ DUMBLETON, J. M.: J. Polym. Sci., 6, 1968, A2, s. 795
- /48/ GUPTA, V. B., KUMAR, S.: J. Polym. Sci., Polym. Phys.
Ed., 17, 1979, s. 1307
- /49/ WARD, I. M. E.: Structure and properties of oriented
polymers. Applied. Science Publ.,
London 1975
- /50/ MOSELEY, W. W.: J. Appl. Polymer Sci., 3, 1960, 9,
s. 266
- /51/ KUDRNA, M.: Výzkumná zpráva SILON 7 - 79, ÚMCH Praha,
1979
- /52/ POSPÍŠIL, Z. a kol.: Příručka textilního odborníka,
1. část. SNTL/Alfa, Praha 1981
- /53/ BEYRENTHER, R.: Deutsche Textiltech., 30, 1980, s. 554
- /54/ KOŠIČKOVÁ, E.: Etapová zpráva 2.2.2, úkol KORA-VZTAHY,
VÚV Brno, 1977

- /55/ SCHÖNUNG, B.: Sborník přednášek z 19. mezinárodního kongresu o chemických vláknech, Dornbirn, červen 1980
- /56/ STANĚK, J.: Nauka o textilních materiálech, díl I., část 3. - Vlastnosti vláken. VŠST, Liberec 1986
- /57/ RŮŽIČKA, J., KUDLÁČEK, L.: Struktura a vlastnosti textilních vláken, I. díl. VŠCHT, Pardubice 1975
- /58/ ŠRŮTA, F.: Chemické vlákna, 31, 1981, 4, s. 215
- /59/ WERKSTÄTTER, H. P. a kol.: Textiltechnik, 33, 1983, 6, s. 354
- /60/ ŠUTÁ, Š. a kol.: Sborník přednášek z XIII. aktivu vláknařů, České Budějovice, květen 1978
- /61/ MORTON, W. E., HEARLE, J. W. S.: Physical Properties of Textile Fibres. Textile Institute, London 1975
- /62/ JANSÁ, J.: Sborník přednášek z XII. aktivu vláknařů, České Budějovice, květen 1976
- /63/ WINKLER, F.: Sborník přednášek ze 7. mezinárodního kongresu o chemických vláknech, Dornbirn, červen 1968
- /64/ BLYTH, G., POSTLE, R.: Text. Res. J., 49, 1979, 10, s. 601
- /65/ STEJSKAL, A.: Textil, 35, 1980, 8, s. 296
- /66/ STEJSKAL, A.: Textil, 35, 1980, 10, s. 365
- /67/ DOBBERT, P. a kol.: Acta Polymerica, 35, 1984, 1, s. 89
- /68/ DUMBLETON, J. H.: J. Polym. Sci., 7, 1969, A2, s. 667
- /69/ FILIP, J.: Textil, 34, 1979, 4, s. 125
- /70/ POHOŘELSKÝ, L., VANÍČEK, J.: Sborník přednášek z XV. aktivu vláknařů, Tábor, květen 1984
- /71/ POHOŘELSKÝ, L. a kol.: Textil, 39, 1984, 5-6, s. 159
- /72/ VANÍČEK, J., POHOŘELSKÝ, L.: TEXTIL, 39, 1984, 7, s. 227

- /73/ MATUKONIS, A. V. a kol.: Techn. leg. prom., 1982, 3, s. 46
- /74/ VANÍČEK, J. a kol.: Sborník přednášek z XII. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1976
- /75/ KOZŁOWSKI, W.: Przegląd włókienniczy, 23, 1969, 3, s. 130
- /76/ SEDLÁČEK, P. VANÍČEK, J.: Studijní zpráva č. 29, k. p. Silon, únor 1974
- /77/ BECKER, O.: Chemiefasern, 30, 1980, 12, s. 827
- /78/ REINSCHKE, M.: Diplomová práce, VŠCHT Pardubice, 1985
- /79/ GRÜNEWALD, K. H.: Sborník přednášek ze 7. mezinárodního kongresu o chemických vláknech, Dornbirn, červen 1968
- /80/ COOKE, W. D., ARTHUR, D. F.: J. of the Textile Institute, 1981, 3, s. 111
- /81/ ŠITTLEROVÁ, H. a kol.: Chemická vlákna, 28, 1978, 6, s. 181
- /82/ VANÍČEK, J. a kol.: Chemické vlákna, 29, 1979, 1 - 2, s. 37
- /83/ JOSHI, K. A.: Man-made Textiles in India, 24, 1981, 7, s. 367
- /84/ POSPÍCHALOVÁ, D. a kol.: Textil, 27, 1972, 2, s. 35
- /85/ KALASOVÁ, V., KLIKOVÁ, V.: Vlnářský informativní přehled, 35, 1985, 2, s. 32
- /86/ PREVORSEK, D. C. a kol.: Text. Res. J., 45, 1975, 1, s. 60
- /87/ GRIGORJEV, A. N. a kol.: Text. prom., 36, 1976, 7
- /88/ HORROCKS, A. R.: Textile Horizons, 1983, 1, s. 38
- /89/ HORROCKS, A. R.: J. Text. Inst., 1985, 3, s. 196
- /90/ KUDLÁČEK, L., RŮŽIČKA, J.: Struktura a vlastnosti textilních vláken, II. díl, VŠCHT Pardubice 1980
- /91/ KUMAR, V. S., DAS, G.: Man-made Textiles in India, 25, 1982, 10, s. 483

- /92/ ZIMMERMANN, H., KIM, N. T.: Sborník přednášek z XIII. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1978
- /93/ HLADÍK, V. a kol.: Textilní barviřství. SNTL, Praha 1982
- /94/ KOŠIČKOVÁ, E.: Sborník přednášek z XII. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1976
- /95/ NEKEZOV, A.: Kandidátská disertační práce, VŠCHT Pardubice, 1975
- /96/ PEREPELKIN, K. E.: Faserforsch. u. Textiltech., 22, 1971, 4, s. 171
- /97/ SAMUELS, R. J.: J. Polym. Sci., 10, 1972, A2, s. 781
- /98/ GUPTA, V. B., KUMAR, S.: J. Appl. Polym. Sci., 26, 1981, s. 1877, 1888, 1897
- /99/ PREVORSEK, D. C., SIBILIA, J. P.: J. Macromol. Sci. Phys., B5, 1971, s. 617
- /100/ GURVIČ, L. G.: Vysokomol. Sojed., 3, 1961, s. 1062
- /101/ KRÄSSIG, H., SIPPEL, A.: Chemiefasern, 19, 1969, 7
- /102/ BIANCARDI, H. J., LACHMANN, H. G.: J. Polym. Sci. Polym. Symp., 58, 1977, s. 169
- /103/ ŠUTÁ, Š.: Sborník přednášek z XV. aktivu vláknářů, Tábor, květen 1984
- /104/ HUISMAN, R., HEUVEL, H. M.: J. Appl. Polym. Sci., 22, 1978, s. 943
- /104/ KRÁLÍKOVÁ, O., JOCHOVÁ, I. Textil, 29, 1974, 11, s. 405
- /105/ HOCHMAN, V.: Textil, 20, 1965, 11, s. 399
- /107/ ROTH, W., SCHROTH, R.: Faserforsch. u. Textiltech., 12, 1961, 3, s. 361
- /108/ DOKOUPILOVÁ, B. a kol.: Etapová zpráva 3.4.2, úkol PLO-TEX-Oděvní textilie, VÚV Brno, 1983
- /109/ KOŠIČKOVÁ, E. a kol.: Etapová zpráva 2.2.5, úkol KORA-VZTAHY, VÚV Brno, 1978
- /110/ BERNDT, H. J., HEIDEMANN, G.: Deutscher Färber-Kalender, 76, 1972, s. 408

- /111/ MICHLÍK, I. a kol.: Zmeny štruktúry a vlastností chemických vlákien pri ich textilnej aplikácii. SVŠT, Bratislava 1974
- /112/ KOŠŤČKOVÁ, E. a kol.: Textil, 32, 1977, 7, s. 246
- /113/ VAVERKA, J.: Sborník přednášek z XI. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1974
- /114/ ČIRLIČ, B.: Textil, 36, 1981, 3, s. 89
- /115/ CHOULÍK, A. a kol.: Sborník přednášek ze XIV. aktivu vláknářů, Tábor, květen 1981
- /116/ SIEBKE, W.: Mell. Textilber., 60, 1979, 8, s. 633
- /117/ MERGL, V., SMÉKAL, J.: Etapová zpráva 1.2.1.2, úkol OPTIMAL-STRUKTURA, VÚV Brno, 1975
- /118/ VAVÁČEK, M. a kol.: Textil, 37, 1982, 9, s. 303
- /119/ ŠRŮTA, F.: Textil, 37, 1982, 10, s. 344
- /120/ ŠIMONÍK, A.: Textil, 34, 1979, 3, s. 96
- /121/ MILITKÝ, J. a kol.: Textil, 37, 1982, 3, s. 105
- /122/ SENNER, P.: Sborník přednášek z 11. mezinárodního kongresu o chemických vláknech, Dornbirn, červen 1972
- /123/ KELLER, K. H. a kol.: Textilveredlung, 16, 1981, 2, s. 72
- /124/ MEISSNER, W.: Sborník přednášek z XI. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1974
- /125/ LUTTRINGER, J. P. a kol.: Mell. Textilber., 60, 1979, 2, s. 160
- /126/ BOGATZKI, B. F., IRLBACHER, G.: Textiltechnik, 30, 1980, 9, s. 552
- /127/ SCHOLLMAYER, E. a kol.: Textilveredlung, 16, 1981, 4, s. 147
- /128/ VALK, G., BUNTHOFF, K.: Chemiefasern, 29, 1979, 4, s. 334
- /129/ SCHNAITMANN, D. a kol.: Mell. Textilber., 63, 1982, 1, s. 40
- /130/ MERGL, V., SMÉKAL, J.: Etapová zpráva 1.2.1.3, úkol OPTIMAL-STRUKTURA, VÚV Brno, 1975

- /131/ MERGL, V., SMÉKAL, J.: Etapová zpráva 1.2.1.4, úkol
OPTIMAL-STRUKTURA, VÚV Brno, 1975
- /132/ SEDLÁČEK, P. a kol.: Sborník přednášek z XIII. akti-
vu vláknářů, České Budějovice,
květen 1978
- /133/ GLOWACKA, S., SZKLAREK, R.: Technik włókienniczy, 29,
1980, 7, s. 180
- /134/ WERKSTÄTTER, H. P. a kol.: Textiltechnik, 33, 1983,
6, s. 354
- /135/ MILITKÝ, J.: Sborník přednášek z odborného semináře
"podstata a řízení rozměrové sta-
bilizace plošných textilií",
ELITEX Liberec, 1984
- /136/ HES, L.: Sborník přednášek z odborného semináře
"Podstata a řízení rozměrové sta-
bilizace plošných textilií",
ELITEX Liberec, 1984
- /137/ FORMAN, Z. a kol.: Sborník přednášek z odborného se-
mináře "Podstata a řízení rozměro-
vé stabilizace plošných textilií",
ELITEX Liberec, 1984
- /138/ BERKA, M. a kol.: Textilní zkušebnícké metody, zprá-
va č. 299, Silon Planá n. L.,
květen 1982
- /139/ MILITKÝ, J.: Sborník přednášek z II. celostátní kon-
ference "Pokroky v oblasti textil-
ního a oděvního zkušebnictví",
Hradec Králové, 1985
- /140/ BERKA, M., KOUKOL, L.: Fyzikální metody hodnocení PES
a PAD-6, zpráva č. 187, Silon Pla-
ná n. L., září 1978
- /141/ POHOŘELSKÝ, L., ZIKŠOVÁ, H.: Stanovení povrchových
oligomerů, interní zpráva, Silon
Planá n. L., únor 1972

- /142/ POHOŘELSKÝ, L.: Sborník přednášek z XII. aktivu vláknářů, České Budějovice, květen 1976
- /143/ ŠVEHLA, K., KAŠPAROVÁ, M.: Užité hodnota plošných textilií. SVÚT Liberec, 1976
- /144/ MILITKÝ, J., MILITKÁ, D.: Sborník přednášek "Spracovanie a interpretácia merania v textilnom skúšobníctve", Belušké Slatiny, srpen 1986
- /145/ KALOUSKOVÁ, V. a kol.: Etapová zpráva 4.2.12, úkol PLOTEX-DETEX, VÚV Brno, 1985